

MEMORIA TREBALL FINAL DE GRAU

**TÍTOL: OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE UNA
CAJA DE DIRECCIÓN DE INYECCIÓN DE ALUMINIO**

AUTOR: ROMERO PAREJO, CARLOS

DATA DE PRESENTACIÓ: OCTUBRE 2018

COGNOMS: ROMERO PAREJO NOM: CARLOS

TITULACIÓ: GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA

PLA: BOLONYA

DIRECTOR: ALIAU PONS, JOAN JOSEP

DEPARTAMENT: EXPRESSIÓ GRÀFICA A L'ENGINYERIA

QUALIFICACIÓ DEL TFG

TRIBUNAL

PRESIDENT

SECRETARI

VOCAL

DATA DE LECTURA: 31-10-2018

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: ☐ Sí ☐ No

RESUMEN

Este proyecto se basa en la mejora de procesos de producción de piezas de inyección de aluminio, en concreto, de una caja de dirección.

Dichas piezas son fabricadas íntegramente en la empresa colaboradora de este proyecto, CIE Automotive Vilanova. Las fases más importantes que engloban la fabricación de esta pieza son: Refinería, Fundición y Mecanizado.

Se analizarán cuáles son las actuales deficiencias de producción, y se intentaran implantar acciones de mejora que sean viables para la empresa, ya sea a corto, a medio, o a largo plazo.

Dichas acciones de mejora consisten en integrar en dos células de fundición de aluminio, procesos que actualmente se realizan manualmente, como serían el limado y granallado de piezas. En función de los resultados, se estudiaría implantar este tipo de procesos en otras células de fundición.

El objetivo fundamental de estas mejoras es reducir el rechazo de piezas, automatizando procesos que actualmente se realizan manualmente.

Paraules clau (màxim 10):

Calidad	Fundición	Mecanizado	Producción
Uillaje	Robótica	Automatización	Granallado
Limado			

ABSTRACT

This project is based on the improvement of production processes of aluminium injection parts, specifically, of a steering box.

These parts are manufactured thoroughly in the company collaborator of this project, CIE Automotive Vilanova. The most important phases that comprise the manufacture of this part are: Refinery, Casting and Machining.

The current production failures will be analysed, and attempts will be made to implement improvement actions that are viable for the company, whether short, medium or long term.

Said improvement actions, consist of integrating into two aluminium casting cells, processes that are currently carried out manually, such as deburring and shotblasting of parts. Depending on the results, it would be studied to implement these kinds of processes, in other casting cells.

The fundamental objective of these improvements is to reduce the rejection of parts, automating processes that are currently performed manually.

Keywords (10 maximum):

Quality	Casting	Machining	Production
Clamping	Robotics	Automation	Shotblasting
Deburring			

SUMARIO

INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	12
2. MEMORIA	13
2.1. SITUACIÓN ACTUAL	13
2.1.1. DATOS DE LA EMPRESA	13
2.1.2. CAJA DE DIRECCIÓN	16
2.1.2.1. DEFINICIÓN Y FUNCIÓN	16
2.1.2.2. MODELO	16
2.1.2.2.1. PARTES DE LA PIEZA	18
2.1.3. EL PROCESO	19
2.1.3.1. REFINERÍA	20
2.1.3.1.1. DISTRIBUCIÓN DE REFINERÍA	21
2.1.3.2. FUNDICIÓN	22
2.1.3.2.1. DISTRIBUCIÓN CÉLULAS DE FUNDICIÓN	27
2.1.3.2.1.1. INYECCIÓN DE ALUMINIO A ALTA PRESIÓN EN CÁMARA FRÍA	28
2.1.3.2.1.2. ROBOT INDUSTRIAL DE 6 EJES	30
2.1.3.2.1.3. PRENSADO	32
2.1.3.2.1.4. GRANALLADO	33
2.1.3.2.1.5. LIMADO	34
2.1.3.3. MECANIZADO	35
2.1.3.3.1. DISTRIBUCIÓN CÉLULAS DE MECANIZADO	36
2.1.4. CALIDAD	39
2.1.4.1. CALIDAD FUNDICIÓN	40
2.1.4.2. CALIDAD MECANIZADO	43
2.1.5. EMBALAJE	47
2.1.6. DEFECTOS DE LA PIEZA	48
3. MEJORA DE LA SITUACIÓN ACTUAL	51
3.1. CÉLULA DE FUNDICIÓN AUTOMATIZADA	52
3.1.1. CINTA TRANSPORTADORA CON ÚTILES	54
3.1.2. ROBOT 6 EJES DE CARGA Y DESCARGA	55
3.1.3. POSICIONADOR PIEZA PARA LIMADO	59
3.1.4. DISEÑO UTILLAJE DE AMARRE INTERIOR PIEZA	59
3.1.5. ROBOT 6 EJES DE LIMADO	60
3.1.6. BANCADA PARA ROBOTS	62
3.1.7. VALLADO DE SEGURIDAD	63
3.1.8. GRANALLADORA AUTOMÁTICA DE FLUJO CONTINUO	66
3.1.9. CINTA TRANSPORTADORA DE BANDA	67
4. CÁLCULOS	67
4.1 ANÁLISIS DE TIEMPOS	67

4.2. COMPARATIVA DE RESULTADOS	69
5. PRESUPUESTO	70
5.1. PRESUPUESTO INGENIERÍA	71
5.2. EQUIPOS NECESARIOS.....	71
5.3. INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA.....	72
5.4. AHORRO ANUAL	72
5.5. AMORTIZACIÓN	73
6. CONCLUSIONES	74
7. AGRADECIMIENTOS	75
8. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA	76

SUMARIO DE IMÁGENES

IMAGEN 1. VISTA EN PLANTA DE GRUPO COMPONENTES VILANOVA S.L.	13
IMAGEN 2. CÉLULA DE MECANIZADO EN CIE VILANOVA	14
IMAGEN 3. DIFERENCIAS ENTRE MODELOS DE CONDUCCIÓN IZQUIERDA (UF001) Y DERECHA (UF002) .	17
IMAGEN 4. DETALLE DEL TALADRO OVALADO	18
IMAGEN 5. DETALLE DE LOS ESCUDOS O PROTECTORES TÉRMICOS	19
IMAGEN 6. TUBERÍAS HACIA HORNO DE MANTENIMIENTO	20
IMAGEN 7. HORNO DE MANTENIMIENTO ALUMINIO FUNDIDO	24
IMAGEN 8. CUCHARA CON ALUMINIO FUNDIDO.....	24
IMAGEN 9. HORNO DE LA MÁQUINA INYECTORA.....	24
IMAGEN 10. PIEZA A LA SALIDA DEL MOLDE Y ANTES DE PASAR POR LA MATRIZ.....	25
IMAGEN 11. PARTE FIJA DEL MOLDE CON SUS NOYOS.....	30
IMAGEN 12. PARTE MÓVIL DEL MOLDE	30
IMAGEN 13. VISTA GENERAL Y DETALLE PARTE INFERIOR PRENSA	32
IMAGEN 14. CILINDRO NOYO PIÑÓN CREMALLERA Y CILINDRO NOYOS INTERIOR CREMALLERA	32
IMAGEN 15. OPERACIÓN MANUAL DE ELIMINACIÓN DE POSIBLES REBABAS INTERIORES	33
IMAGEN 16. GRANALLA DE ACERO ESFÉRICA.....	33
IMAGEN 17. BASTIDOR CARGADO DE PIEZAS	34
IMAGEN 18. GRANALLADORA UTILIZADA EN CIE VILANOVA	34
IMAGEN 19. LIMA NEUMÁTICA UTILIZADA	34
IMAGEN 20. PIEZAS PATRONES OK/NOK FUGAS Y MULTICOTAS.....	45
IMAGEN 21. EMBALAJE EXTERIOR FINAL	47
IMAGEN 22. COLOCACIÓN CORRECTA DE PIEZAS	47
IMAGEN 23. CONTENEDORES DE TRANSPORTE INTERNO UF001 (GRIS) Y UF002 (AMARILLO).....	47
IMAGEN 24. PC13639_REBABA INTERIOR DE LA CREMALLERA (2015)	48
IMAGEN 25. PC18106_REBABA EN LA CONTERA DEL LADO CONTRARIO AL YOKE (2016)	48
IMAGEN 26. PC21169_REBABA PATA DE AMARRE CENTRAL (2017)	48
IMAGEN 27. PC22611_REBABA EN EL BORDE PATA DE AMARRE (2017).....	49
IMAGEN 28. DEFECTO DE LIMA ZONA PATA DE AMARRE CENTRAL.....	51
IMAGEN 29. DEFECTO DE LIMA PARTICIÓN CONTERAS.....	51
IMAGEN 30. DEFECTO DE LIMA BOTÓN DEL ESCUDO TÉRMICO.....	51
IMAGEN 31. CARRO SITUADO DEBAJO DE LAS PRENSAS	53
IMAGEN 32. EJEMPLO SIMILAR AL TRANSPORTADOR DE ENTRADA A CÉLULA ROBOTIZADA TX 4312	55
IMAGEN 33. ROBOT INDUSTRIAL ABB IRB 2600	55
IMAGEN 34. POSICIONADOR ABB IRBP A-250.....	59
IMAGEN 35. ROBOT INDUSTRIAL ABB IRB 140.....	60
IMAGEN 36. BANCADA DE CONFIGURACIÓN CILÍNDRICA PARA ROBOT IRB 2600	63
IMAGEN 37. DISEÑO DE BANCADA PARA ROBOT IRB 140	63
IMAGEN 38. VALLADO DE SEGURIDAD DE LA PARTE FRONTAL DE LA CÉLULA M71 ACTUAL	65
IMAGEN 39. VALLADO DE SEGURIDAD DE LA PARTE TRASERA DE LA INYECTORA DE LA CÉLULA M71 ACTUAL.	65
IMAGEN 40. BARRERA DESPLAZABLE CON ACCESO AL MOLDE.	65
IMAGEN 41. GRANALLADORA DE FLUJO CONTÍNUO WMC/40.....	66
IMAGEN 42. EJEMPLO SIMILAR AL TRANSPORTADOR DE BANDA TX 310.....	67

SUMARIO DE FIGURAS

FIGURA 1. LAYOUT DE LA PLANTA CIE VILANOVA	15
FIGURA 2. SISTEMA DE DIRECCIÓN DE CREMALLERA.....	16
FIGURA 3. MODELO DE CAJA DE DIRECCIÓN DE CONDUCCIÓN IZQUIERDA	17
FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO SECCIÓN DE REFINERÍA	21
FIGURA 5. LAYOUT ESPECÍFICO DE LA ZONA DE REFINERÍA.....	21
FIGURA 6. DETALLE AMPLIADO DE LOS HORNOS DE MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN	22
FIGURA 7. DETALLE AMPLIADO HORNOS DE FUSIÓN	22
FIGURA 8. LAYOUT GENERAL DE LA EMPRESA, CON ÉNFASIS EN FUNDICIÓN.....	23
FIGURA 9. DETALLE AMPLIADO ZONA STEERING	24
FIGURA 10. INTERIOR MOLDE PARTE MÓVIL Y PIEZA ANTES DE PASAR POR LA MATRIZ O TROQUEL	25
FIGURA 11. DIAGRAMA DE FLUJO SECCIÓN DE FUNDICIÓN	27
FIGURA 12. LAYOUT DE DOS CÉLULAS DE FUNDICIÓN UF001 CON GRANALLADORA MANUAL (M55 Y M71)	28
FIGURA 13. COMPONENTES PRINCIPALES DE UNA MÁQUINA INYECTORA EN CÁMARA FRÍA.....	29
FIGURA 14. SECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO DE LA INYECCIÓN DE ALUMINIO A ALTA PRESIÓN EN CÁMARA FRÍA	29
FIGURA 15. 6 EJES DE UN BRAZO ROBÓTICO	31
FIGURA 16. TRAYECTORIAS DE LOS 6 EJES DE UN ROBOT INDUSTRIAL	31
FIGURA 17. DIAGRAMA DE FLUJO SECCIÓN DE MECANIZADO	36
FIGURA 18. LAYOUT DE LA CÉLULA NEXTEER UKL PARA REFERENCIA LHD.....	37
FIGURA 19. LAYOUT DE LA CÉLULA MEC404ABC PARA REFERENCIAS LHD Y RHD.....	38
FIGURA 20. ESQUEMA FUNCIONAMIENTO DEL DEPARTAMENTO DE CALIDAD DE LA EMPRESA.....	39
FIGURA 21. EJEMPLO DE PAUTA DE INSPECCIÓN VISUAL	41
FIGURA 22. EJEMPLO DE INSTRUCCIÓN DE VERIFICACIÓN 100%	42
FIGURA 23. EJEMPLO SEGUIMIENTO SPC COTAS CRÍTICAS.....	44
FIGURA 24. EJEMPLOS MEDICIÓN DIÁMETROS MEDIANTE CALIBRE MARPOSS.....	44
FIGURA 25. EJEMPLOS VERIFICACIÓN ROSCADO Y AGUJEROS MEDIANTE PASA/NO PASA	45
FIGURA 26. EJEMPLO VERIFICACIÓN VISUAL SEGÚN PAUTA	46
FIGURA 27. EJEMPLO DE VERIFICACIÓN DE POROS SEGÚN PAUTA.....	46
FIGURA 28. PAUTA DE INSTRUCCIONES PARA UN CORRECTO LIMADO.....	49
FIGURA 29. DETALLE REMARCANDO LA ZONA DE ESTA RECLAMACIÓN DE 2015	49
FIGURA 30. DETALLE CONTERAS CON REBABA MÁXIMA DE 0,3 MM	50
FIGURA 31. DETALLE DE LA PAUTA DE INSTRUCCIÓN DE LIMADO REMARCANDO EL LIMADO DE LAS PATAS DE AMARRE	50
FIGURA 32. LAYOUT GENERAL FINAL DE LA CÉLULA DE FUNDICIÓN AUTOMATIZADA	52
FIGURA 33. DETALLE DE LA CÉLULA ROBOTIZADA	54
FIGURA 34. UTILLAJE PORTA-PIEZA CON 3 APOYOS.....	55
FIGURA 35. DEDO CON MÁS SEPARACIÓN Y DETALLE DEL GRAFILADO.....	56
FIGURA 36. DEDO CON MENOS SEPARACIÓN Y DETALLE GRAFILADO.....	56
FIGURA 37. DETALLE COGIDA DE PIEZA.....	56
FIGURA 38. TRAYECTORIA DE CARGA DE PIEZA EN POSICIONADOR 1 VACÍO.....	57
FIGURA 39. TRAYECTORIA DE CARGA DE PIEZA EN POSICIONADOR 2 VACÍO.....	57
FIGURA 40. TRAYECTORIA DE DESCARGA POSICIONADOR 1 A ENTRADA GRANALLADORA.....	58
FIGURA 41. TRAYECTORIA DE DESCARGA DE POSICIONADOR 2 A ENTRADA GRANALLADORA.....	58
FIGURA 42. DISPOSICIÓN EN 3D DEL ROBOT DE LIMA CON LOS DOS POSICIONADORES.....	60
FIGURA 43. PLACA ADAPTADORA PARA AJUSTAR LA HERRAMIENTA.....	61
FIGURA 44. REGATA CONTERA DE 4,5 MM	61
FIGURA 45. CONTORNO DE LA PATA DE AMARRE CENTRAL.....	62
FIGURA 46. RANGO DE TRABAJO Y POSIBLES POSICIONES DE INSTALACIÓN DEL ROBOT IRB 140.....	62
FIGURA 47. LAYOUT EN 2D DEL VALLADO TROAX PARA LA CÉLULA ROBOTIZADA.....	64
FIGURA 48. EXTRACTO CON LAS HORAS ANUALES DE TRABAJO EFECTIVO ESTIPULADAS	70

SUMARIO DE TABLAS

TABLA 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA POR GRADO DE % DE LA ALEACIÓN ALSI9CU3FE SEGÚN LA NORMA, Y RESULTADO DE UNA PIEZA	18
TABLA 2. AUTOCONTROL EN LA SECCIÓN DE FUNDICIÓN	40
TABLA 3. DEFINICIÓN CLASES DE POROSIDAD ESPECIFICADAS POR CLIENTE	42
TABLA 4. AUTOCONTROL EN LA SECCIÓN DE MECANIZADO	43
TABLA 5. TIEMPOS DE CICLO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	68
TABLA 6. TIEMPOS DE CICLO DE LA SITUACIÓN MEJORADA	69
TABLA 7. PRESUPUESTO DE LAS HORAS INVERTIDAS POR INGENIERÍA	71
TABLA 8. PRESUPUESTO DEL GASTO EN LOS EQUIPOS NECESARIOS PARA EL PROYECTO.....	71
TABLA 9. PRESUPUESTO DE LAS HORAS INVERTIDAS EN LA INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	72
TABLA 10. PRECIO/HORA DEL PERSONAL.....	72

GLOSARIO DE SIGNOS, SÍMBOLOS, ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y TÉRMINOS

Automatización = Utilización de sistemas de control, tales como computadoras o robots, y de tecnologías de la información, para el manejo de procesos y maquinarias en una industria, con el objetivo de reemplazar al ser humano y hacer más eficaces los procesos.

Layout = Término que proviene de la lengua inglesa, que se suele utilizar para mostrar el esquema de distribución de los elementos dentro de un diseño.

LHD = Left Hand Drive, modelo de caja de dirección de conducción por el lado izquierdo.

RHD = Right Hand Drive, modelo de caja de dirección de conducción por el lado derecho.

Poka-Yoke = Es un término que proviene del japonés, y se podría traducir como “a prueba de errores”. Es una técnica de calidad que se aplica con el objetivo de evitar errores en la operación de un sistema.

Steering = Término que proviene del inglés, y significa “dirección”. Es la sección de fundición de la empresa, dónde se fabrican las cajas de dirección.

Powertrain = Término que proviene del inglés, y significa “transmisión” en el ámbito de la automoción. Es la sección de fundición de la empresa, dónde se fabrican las carcasas de cajas de cambios y los cárteres de motor.

Cuello de botella = Todo elemento o actividad que disminuye o afecta el proceso de producción en una empresa, incrementando los tiempos de espera y reduciendo la productividad, lo cual genera un aumento en el coste final del producto.

Líneas de partage o de partición = Líneas que se forman al solidificar la pieza dentro del molde, entre la parte fija y la móvil, y que necesitan más limado.

Corazón, macho o noyo = Son insertos en la cavidad del molde para crear los orificios y cavidades en las piezas fundidas, y hacerlas huecas si es preciso.

Bebedores o respiradores = Salida de gases de la cavidad interna del molde, para que no se formen poros en la pieza. Al solidificar el aluminio fundido, los bebedores o respiradores siguen intactos en la pieza, y son eliminados en la prensa.

Desmoldeo = Las superficies de una pieza deben respetar unos ángulos mínimos con la dirección de desmoldeo, que es la dirección en la que se extraerá la pieza, con objeto de no dañar el molde durante su extracción.

Grafilado = Operación de mecanizado que consiste en grabar sobre superficies cilíndricas o esféricas un relieve geométrico pronunciado.

Collet = Adaptador porta-herramienta para ajustar el tamaño de herramienta deseado en función de la aplicación.

Regata = Surco o canal estrecho abierto en una pieza, para colocar juntas.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto muestra cómo automatizar procesos que actualmente se realizan manualmente, dentro de dos células de fundición de piezas de aluminio para automoción en la empresa CIE Automotive Vilanova.

Se trata de reducir los defectos en la pieza eliminando el “*error humano*” en el caso del limado, e incorporando el granallado dentro de la célula. Esto reduce el riesgo de que lleguen piezas defectuosas a cliente, con los posteriores problemas que ello conlleva.

También se elimina la zona específica de limado manual de esta pieza (caja de dirección), haciendo más directo el camino fundición-mecanizado.

Además, se analizan las zonas de la pieza que más problemas han dado a lo largo de años anteriores, para atacar y solucionar dichos problemas desde la raíz, y evitar futuras reclamaciones de cliente.

1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

El objetivo fundamental de este proyecto, es la mejora de procesos de fabricación de una caja de dirección de inyección de aluminio en la empresa CIE Vilanova.

Analizados dichos procesos, se decide automatizar procesos manuales (limado y granallado) dentro de dos células de fundición, pudiendo ser ejemplo para automatizar estos procesos en otras células de fundición de otras piezas, como carcasas de cajas de cambios y cárteres de motor.

Se pretende mejorar lo siguiente:

- Reducción de defectos de la pieza.
- Reducción de mano de obra en tareas repetitivas.
- Aumento de la productividad.
- Aumento de la calidad.
- Eliminación de procesos intermedios entre fundición y mecanizado.
- Disminución del *"error humano"*.

Se trata de una gran inversión, que se al cabo del tiempo se amortizará, ya que se eliminarán muchos problemas de la pieza con cliente, con un sistema más moderno y eficaz, que se adapta más a las nuevos procesos de fabricación dentro de la automoción, ya que la competencia dentro de la automoción es muy grande.

2. MEMORIA

2.1. SITUACIÓN ACTUAL

En la situación o estado actual, se detalla a qué se dedica la empresa, cuando se fundó, entre otras informaciones, y además, se muestran los procesos con los que la empresa trabaja actualmente. Se analizan dichos procesos, para detectar los problemas que conlleva la pieza en la que se centra el trabajo, para posteriormente implantar posibles mejoras.

2.1.1. DATOS DE LA EMPRESA

Grupo Componentes Vilanova, S.L. se fundó en el año 1958, bajo la razón social de Fundiciones Mediterráneas, S.A., y dedicándose, por aquel entonces, exclusivamente a la fundición de piezas de aluminio. Después de varios cambios de denominación, y ya bajo el nombre actual, desde 2001 pertenece a GSB (Grupo Siderúrgico Vasco), que a posteriori se integra en CIE Automotive.

A día de hoy, Grupo Componentes Vilanova es un proveedor de piezas y componentes de automoción, tales como cajas de dirección, carcasas de cajas de cambios y cárteres de motor.



Imagen 1. Vista en planta de Grupo Componentes Vilanova S.L.

[Web: <https://www.eixdiari.cat/opinio/doc/37756/cie-components-vilanova-no-es-una-ong.html/>]

Grupo Componentes Vilanova se divide en tres grandes secciones, bien diferenciadas:

- **Refinería:** Fundición de la materia prima (aluminio), ya sea en chatarra, en lingotes o en chatarra interna (piezas rechazadas). Se introduce dicha materia prima en hornos de fusión a altas temperaturas, y una vez fundida, se inspecciona la composición de la aleación. Trabaja desde que se inauguró la empresa.
- **Fundición:** Inyección del aluminio fundido en moldes, para dar forma a la pieza. Posterior troquelado y granallado de la pieza. Hay piezas que se envían directamente a cliente sin mecanizar, y otras que han de pasar por la siguiente sección. Fundición es una sección que lleva trabajando desde que se inauguró la empresa.

- **Mecanizado:** Operación de mecanizado de piezas provenientes de Feragar (empresa externa que se dedica al limado de piezas provenientes de fundición). Se trabaja en células con centros de mecanizados CNC, dónde se realizan taladros, roscas, fresados, y acabados en general de la pieza. Esta sección es la más reciente, ya que lleva trabajando unos 25 años aproximadamente.



Imagen 2. Célula de mecanizado en CIE Vilanova

[Web: <https://www.eixdiari.cat/opinio/doc/37756/cie-components-vilanova-no-es-una-ong.html/>]

Por razones de distribución de la planta, las tres secciones trabajan en naves distintas (la zona de Limado también se encuentra en otra nave distinta).

De todas formas, dichas secciones se mantienen siempre en contacto directo para mejoras de defectos en la etapa anterior.

A continuación se muestra dónde está situada cada sección:

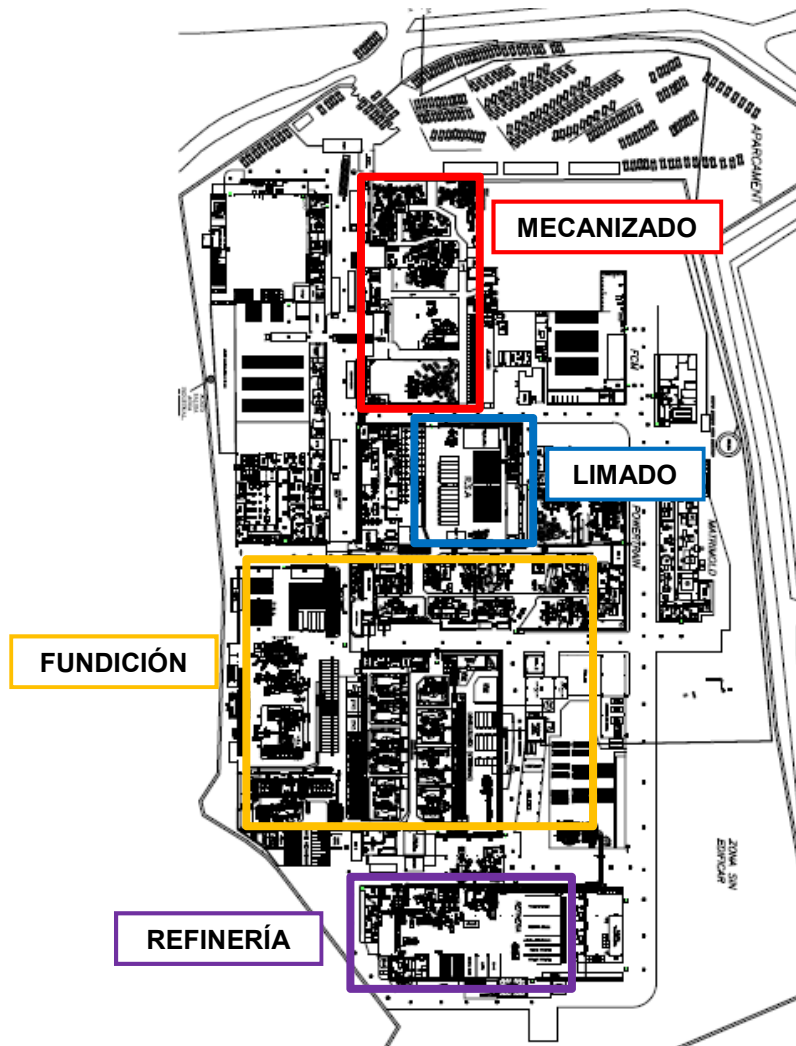


Figura 1. Layout de la planta CIE Vilanova

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

A medida que se vaya definiendo y explicando el funcionamiento de cada sección, se añadirá un layout más específico de cada una de las zonas de la empresa.

Algunos de los clientes con los que trabaja la empresa son:

- **Ford:** Fabricante estadounidense de automóviles.
- **JTEKT:** Fabricante japonés de productos de automoción perteneciente a Toyota.
- **Magna:** Fabricante de componentes de automoción para varias marcas, con sede en Austria.
- **Nexteer:** Proveedor de Mini-BMW, entre otras marcas, fabricante de cajas o cremalleras de dirección y ejes de transmisión, con sede en Estados Unidos. Es el cliente al cuál suministramos la pieza en la que se centra dicho trabajo.
- **Grupo PSA:** Compañía francesa dueña de las marcas automovilísticas Peugeot y Citroën y desde 2017 de Opel.
- **Renault-Nissan:** Asociación estratégica franco-japonesa fabricante de vehículos.

Como se ha comentado anteriormente, este trabajo se centra en una pieza del cliente

Nexteer, particularmente en una caja o cremallera de dirección. Dicha pieza es ensamblada con los componentes necesarios en su planta de Polonia, para posteriormente enviarla a su cliente Mini-BMW.

2.1.2. CAJA DE DIRECCIÓN

2.1.2.1. DEFINICIÓN Y FUNCIÓN

Para que un coche realice la trayectoria deseada por el conductor, se necesita que las piezas del eje delantero cumplan una serie de condiciones. El volante está unido a la columna de dirección, la cual se encarga de transmitir el movimiento desde el volante a la caja de dirección.

La **caja de dirección** de un coche, es la “carcasa” que envuelve el piñón y la cremallera. El engranaje circular “piñón” engrana con una barra dentada “cremallera”, de manera que un giro aplicado al piñón causa el desplazamiento lineal de la cremallera. El piñón va montado en el árbol del volante, y la cremallera va conectada a las ruedas mediante los guardapolvos, bieletas de dirección y palancas.

Por lo tanto, una **caja de dirección** es un elemento muy importante en el sistema de dirección de un vehículo.

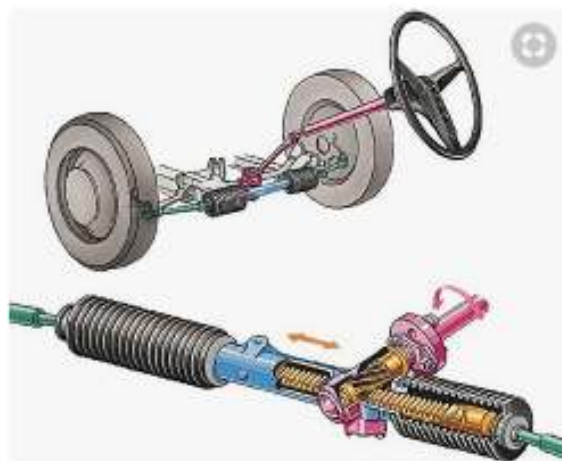


Figura 2. Sistema de dirección de cremallera

[Web: <https://www.pinterest.es/pin/683280574685795937/>]

2.1.2.2. MODELO

En la empresa se fabrican dos modelos distintos de cajas de dirección para esta referencia: uno para conducción izquierda (denominado **UF001**) y el otro para conducción derecha (con nombre **UF002**). El trabajo se centrará en el modelo de conducción izquierda, ya que es el más común. Es un modelo de caja con dirección asistida por motor eléctrico directo al piñón, no lleva ningún sistema hidráulico.

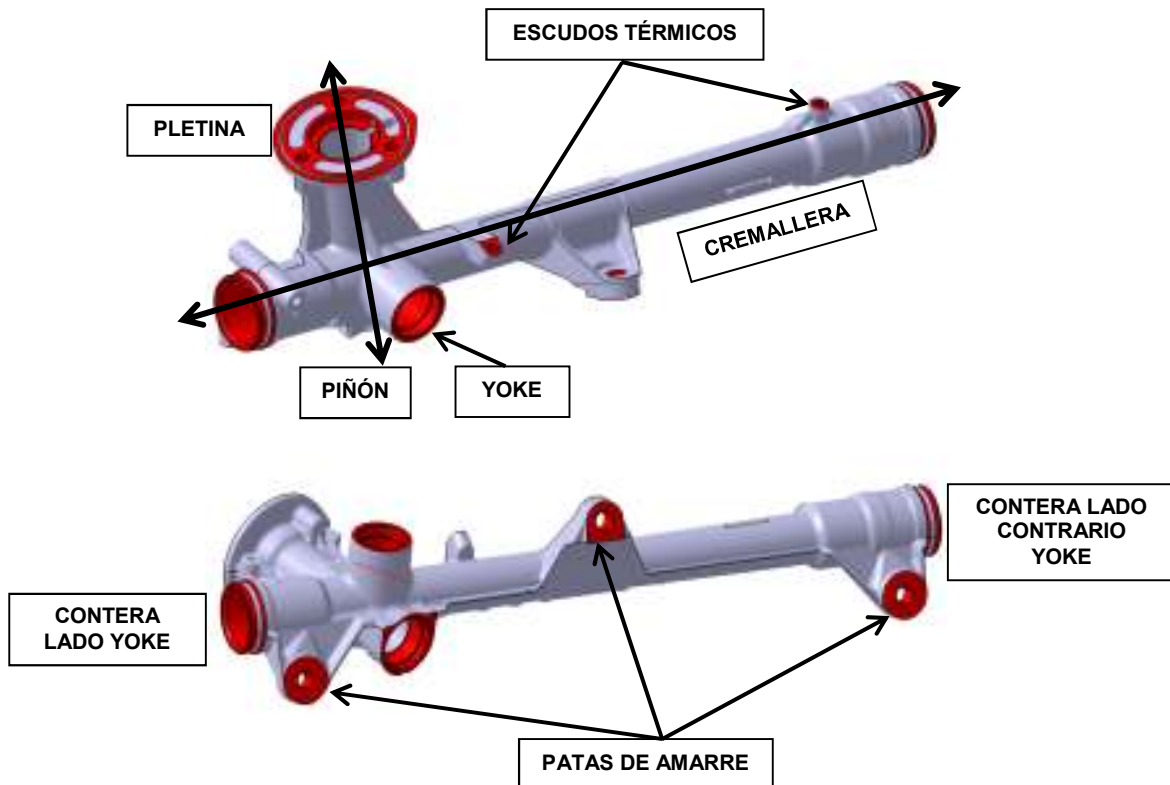


Figura 3. Modelo de caja de dirección de conducción izquierda

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

En la siguiente imagen [Imagen 3], se aprecia las pocas diferencias existentes entre el modelo de conducción izquierda, y el de derecha.

Como se puede apreciar, la disposición de todos los elementos del modelo de derecha es a la inversa de los de izquierda, obviamente al tratarse de vehículos con el volante a la derecha. También se observa las únicas diferencias palpables (al margen de la disposición de elementos), que son:

- Un escudo o protector térmico extra, en el lado contrario del yoke.
- Un taladro porta-cables en la pata de amarre central.

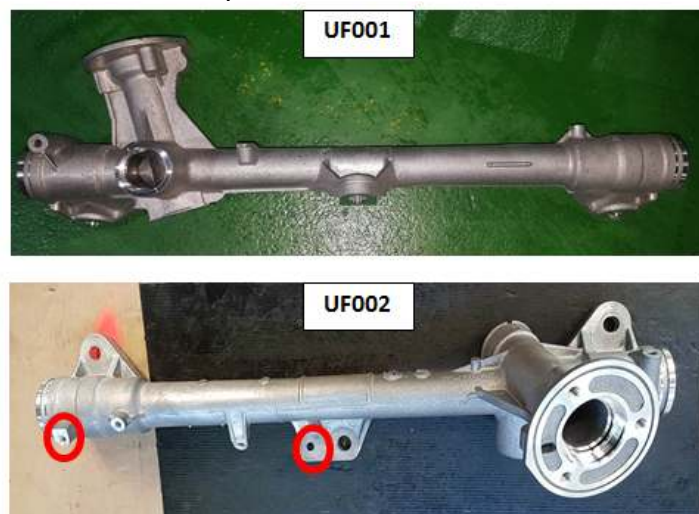


Imagen 3. Diferencias entre modelos de conducción izquierda (UF001) y derecha (UF002)

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

El material utilizado para su fabricación es Aluminio de aleación **AlSi9Cu3Fe**. Sus propiedades mecánicas y su bajo precio, convierten a esta aleación en una buena elección para fabricar carcasas de dirección.

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti	Al
EN 1706 AC-46000-DF EN AC-ALSi9Cu3(Fe)	8.0-11.0	≤1.3	2.0-4.0	≤0.55	0.05-0.55	≤0.15	≤0.55	≤1.20	≤0.35	≤0.15	≤0.25	
Results	8.32	0.79	2.92	0.26	0.26	0.03	0.09	0.85	0.07	0.03	0.05	86.04

Tabla 1. Composición química por grado de % de la aleación AlSi9Cu3Fe según la norma, y resultado de una pieza

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

2.1.2.2.1. PARTES DE LA PIEZA

1.- Cremallera: Zona que abarca todo el largo de la pieza, dónde va alojada la barra dentada “cremallera”. En esta zona sólo se mecanizan los extremos (llamados “conteras”), que es donde se alojan los guardapolvos y en su interior los rodamientos correspondientes.

2.- Patas de amarre: La pieza consta de tres patas de amarre, que van ensambladas al chasis del vehículo. Se mecaniza la superficie inferior de dichas patas, y tres taladros, uno de ellos con forma ovalada.



Imagen 4. Detalle del taladro ovalado

[Fuente: Pieza CIE Vilanova]

3.- Piñón: Zona que “cruza” con la cremallera, dónde va alojado el engranaje circular “piñón”. Consta de una superficie superior mecanizada (llamada “pletina”), con tres taladros roscados, dónde va alojado un motor eléctrico y un rodamiento. También se mecaniza la superficie inferior, que consta de un roscado a modo de tapa.

4.- Escudos o protectores térmicos: Se trata de dos taladros, que alojan una carcasa para proteger a la pieza térmicamente de las altas temperaturas en zonas próximas al motor del vehículo.



Imagen 5. Detalle de los escudos o protectores térmicos

[Fuente: Pieza CIE Vilanova]

5.- Yoke: También denominado “empujador”, presiona a los dos engranajes de la pieza (piñón y cremallera), para tener más o menos holgura entre ellos. Mecanizado con un roscado.

2.1.3. EL PROCESO

Como se ha comentado anteriormente, el proceso de fabricación de estas piezas se divide en 3 principales secciones:

- Refinería
- Fundición
- Mecanizado

También podríamos incluir el limado, que es el proceso que pasa la pieza entre fundición y mecanizado. El granallado se incluye en la sección de fundición.

Se explica el proceso de cada sección, con un diagrama de flujo donde se distingue la siguiente simbología:



FABRICACIÓN: Operación para modificar la materia prima o pieza de un estado inicial a uno final.



TRANSPORTE O MOVIMIENTOS: Todo movimiento que implica el traslado de la materia prima o pieza a otro lugar.



ALMACENAMIENTO: Lugar destinado al almacenaje de la materia prima o pieza, antes de pasar al siguiente proceso, o antes de ser enviada a cliente.



INSPECCIONES: Operación donde la materia prima o pieza es verificada para continuar con su proceso. Se clasifican en cuatro tipos de inspecciones, según la letra:

A: Proceso de verificación AUTOMÁTICO (Poka-Yokes).

M: Proceso de verificación MANUAL (Operario).

V: Proceso de verificación VISUAL (Operario).

Q: Proceso de verificación por el departamento de CALIDAD.



RETRABAJOS: Operación que necesita un trabajo extra a realizar en la pieza, para ser enviada a cliente. Por ejemplo, un re-trabajo de limado en zonas específicas.



RECHAZO O BLOQUEOS: Operación en la cual, la materia prima o pieza está en estado de bloqueo para ser analizada por parte del departamento de calidad, entonces ellos decidirán si aprobarla o rechazarla. En caso de rechazo, se vuelve a achatarrar para iniciar el proceso.

2.1.3.1. REFINERÍA

Refinería es la sección de la empresa donde se funde la materia prima (lingotes y chatarra), para después ser transportada al siguiente proceso, fundición.

La materia prima recibida por proveedores recibe un primer análisis para comprobar que la composición química es acorde a la norma EN1706 AC-46000. Dicha materia prima también es aprovechada a través del rechazo interno de piezas rechazadas del proceso de mecanizado.

Se introduce la mencionada materia prima (previo pesaje en báscula) en hornos de fusión alimentados por gas natural, y a una temperatura que oscila entre 740°C y 780°C. Se realiza una segunda inspección de la colada (aluminio fundido) cogiendo una muestra según el Plan de Control, para validar la materia prima.

Para acabar, el aluminio fundido es transportado a través de tuberías hacia hornos de mantenimiento situados en la sección de fundición, dónde dicho aluminio fundido mantiene la temperatura a unos 710°C, aproximadamente. La escoria es apartada en una zona definida para reciclar o reaprovechar.



Imagen 6. Tuberías hacia hornos de mantenimiento

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

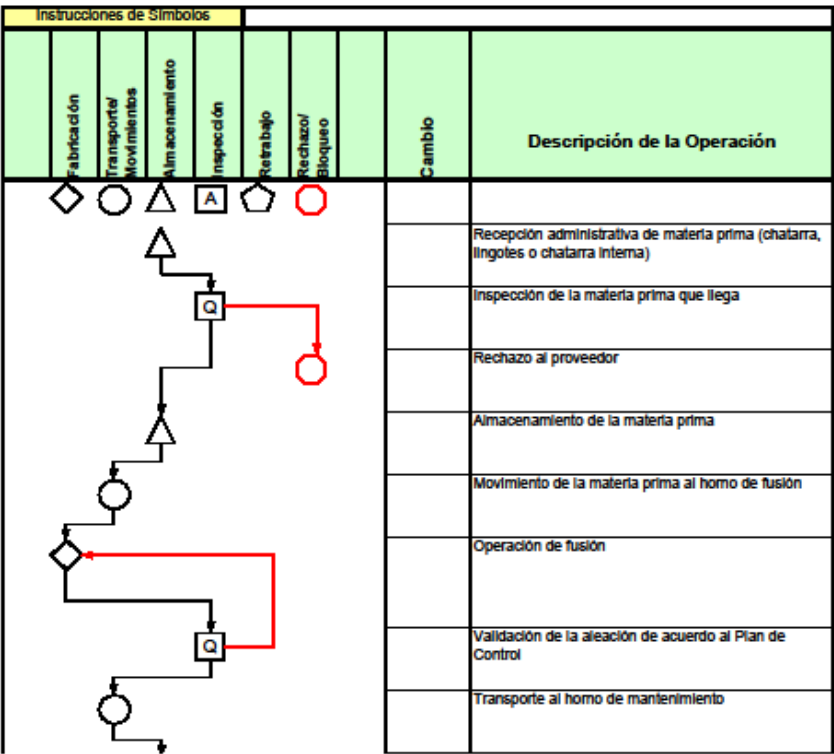


Figura 4. Diagrama de flujo sección de Refinería
[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

2.1.3.1.1. DISTRIBUCIÓN DE REFINERÍA

A continuación se muestra con más énfasis la sección de Refinería, especificando las partes de la que se compone:

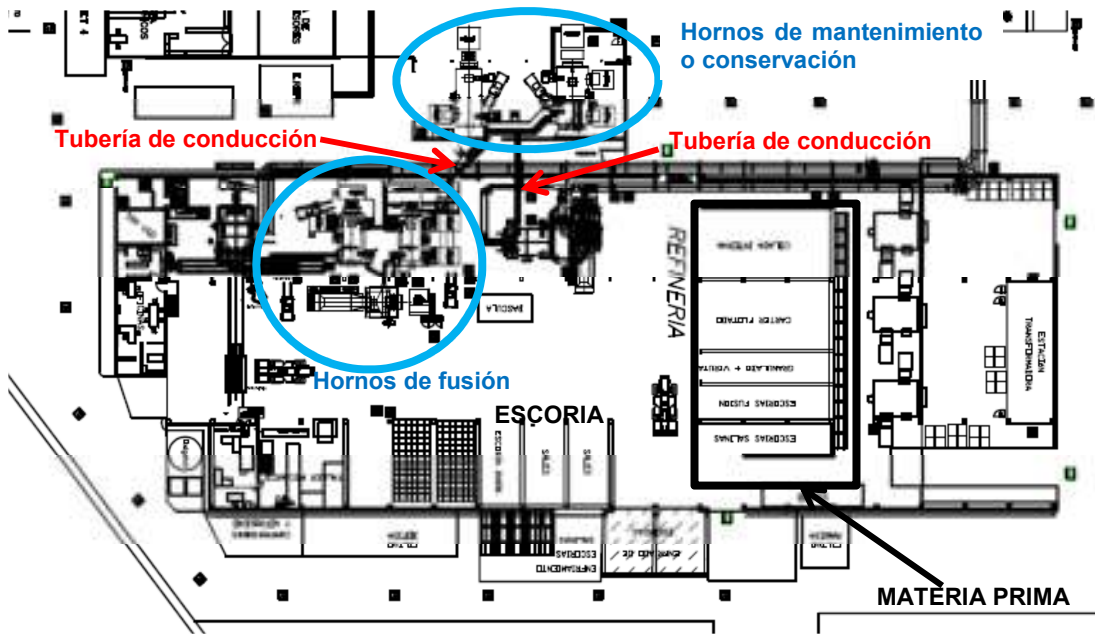


Figura 5. Layout específico de la zona de Refinería
[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

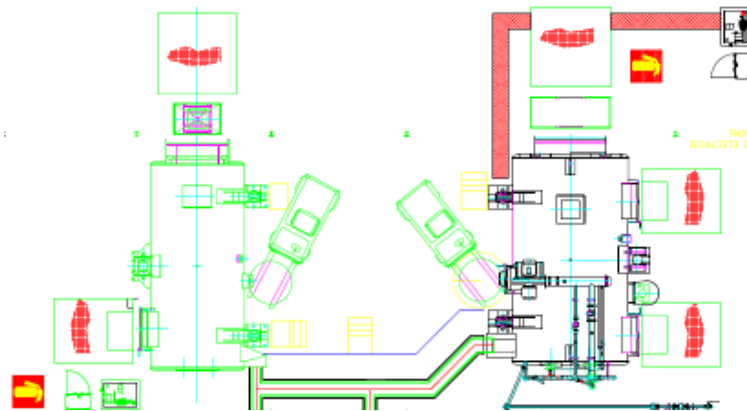


Figura 6. Detalle ampliado de los Hornos de mantenimiento o conservación

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

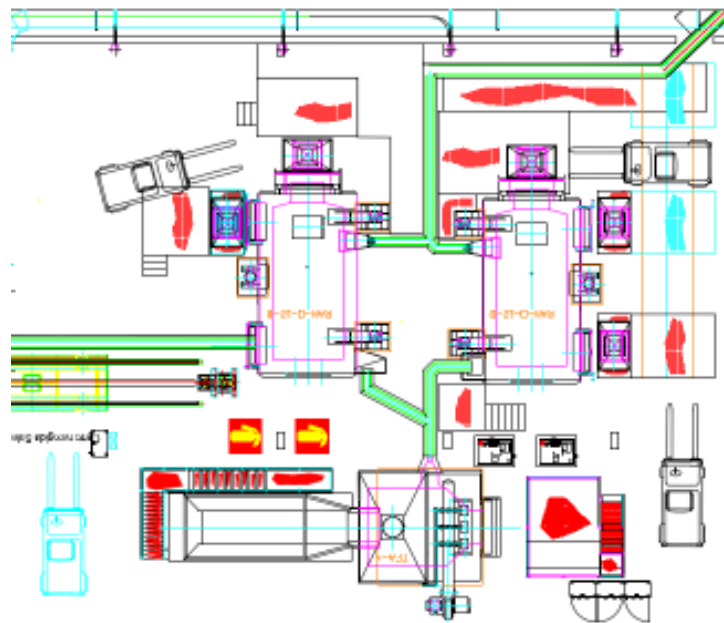


Figura 7. Detalle ampliado hornos de fusión

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

2.1.3.2. FUNDICIÓN

Fundición es la sección de la empresa donde se le da forma a las piezas mediante moldes y es en la que más se va a centrar este trabajo, ya que las posibles mejoras serían en esta sección. En la [Figura 6], se puede ver el layout general de la empresa, y se remarca en rojo la zona de fundición que nos interesa. A esta zona se le denomina “Steering” (ver [Figura 7]), ya que es el lugar dónde se realizan las cajas de dirección, no sólo del cliente de la pieza en la que se centra este trabajo, sino modelos diferentes de cajas de dirección para otros clientes. La zona remarcada en azul es la otra sección de fundición dedicado a la fabricación de carcasas de cajas de cambios y cárteres de motor, y se le denomina “Powertrain”.

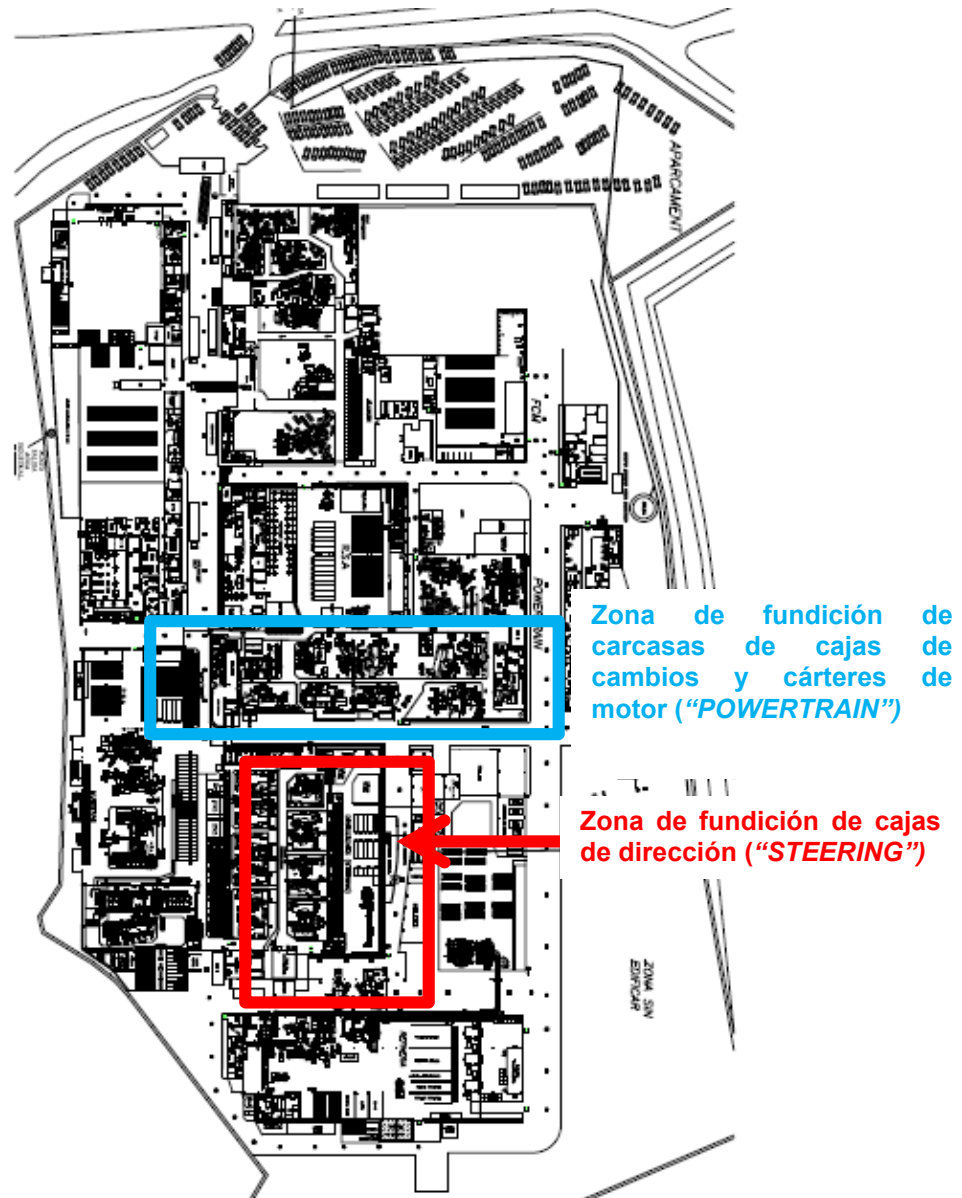


Figura 8. Layout general de la empresa, con énfasis en Fundición

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

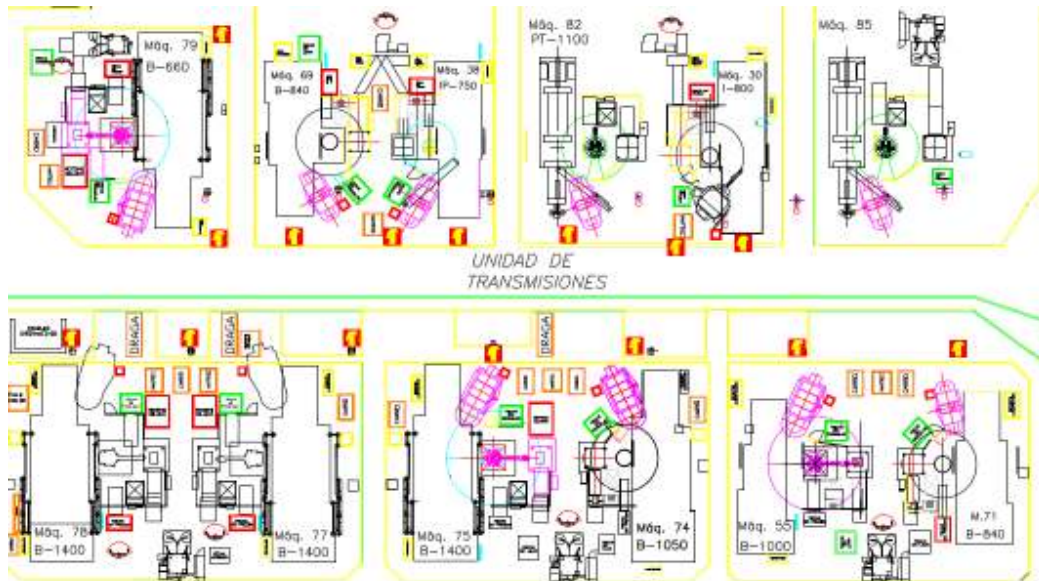


Figura 9. Detalle ampliado zona Steering

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

A continuación, se va a explicar cómo se fabrican estas piezas en esta sección.

El aluminio fundido del proceso de refinería (alojado en los hornos de mantenimiento) es transportado por carretilleros hasta la célula de fundición. El transporte se realiza mediante cuchara de material refractario.



Imagen 7. Horno de mantenimiento aluminio fundido

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]



Imagen 8. Cuchara con aluminio fundido

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]



Imagen 9. Horno de la máquina inyectora

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

Dicho aluminio fundido es depositado en el horno de la máquina inyectora de la célula (a unos 680°C). La inyectora tiene una fuerza de presión de 840 toneladas, y unos controles automáticos que verifican dos cosas:

- 1.- Si las partes fijas y móvil del molde han quedado bien presionadas.
- 2.- Mediante control por fotocélula, verificar la existencia de agujeros en la pieza. Cualquier pieza que no haya pasado estos controles, es desechada automáticamente a la zona de rechazo, para su posterior reciclaje a la zona de refinería.

Una vez el aluminio es inyectado, se ha solidificado y se ha contraído dentro del molde, el robot envía la pieza hacia una cuba de agua para su refrigeración, y de ahí a la matriz o troquel. Se troquelean los bebederos, respiradores y mazarotas o parrillas de la pieza, es decir, el material sobrante.

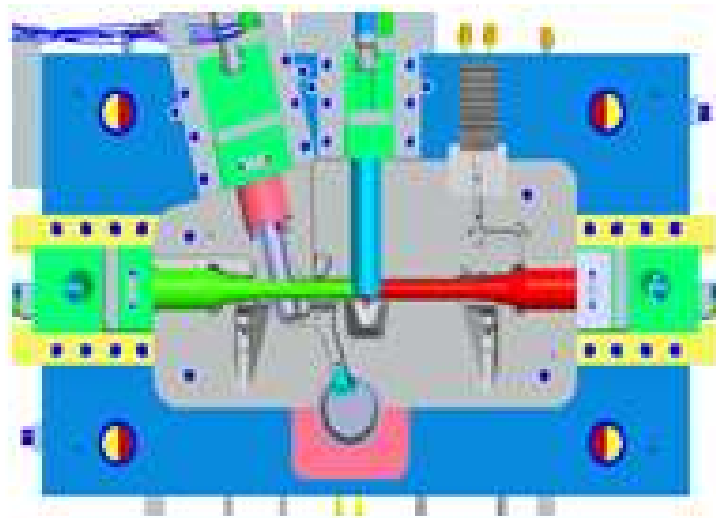


Figura 10. Interior molde parte móvil y pieza antes de pasar por la matriz o troquel

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]



Imagen 10. Pieza a la salida del molde y antes de pasar por la matriz

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

Si no son troqueladas automáticamente, las piezas van a una rampa donde el operario las troquela en la prensa manualmente.

Una vez troqueladas, el operario coge las piezas de la rampa, para colocarlas manualmente en bastidores de 14 piezas, para pasar el siguiente proceso, que es el granallado. El granallado es el chorreo de pequeñas bolas a alta velocidad, que son expulsadas contra la superficie de la pieza para mejorar su aspecto superficial y eliminar posibles contaminantes o excedentes de material de la pieza.

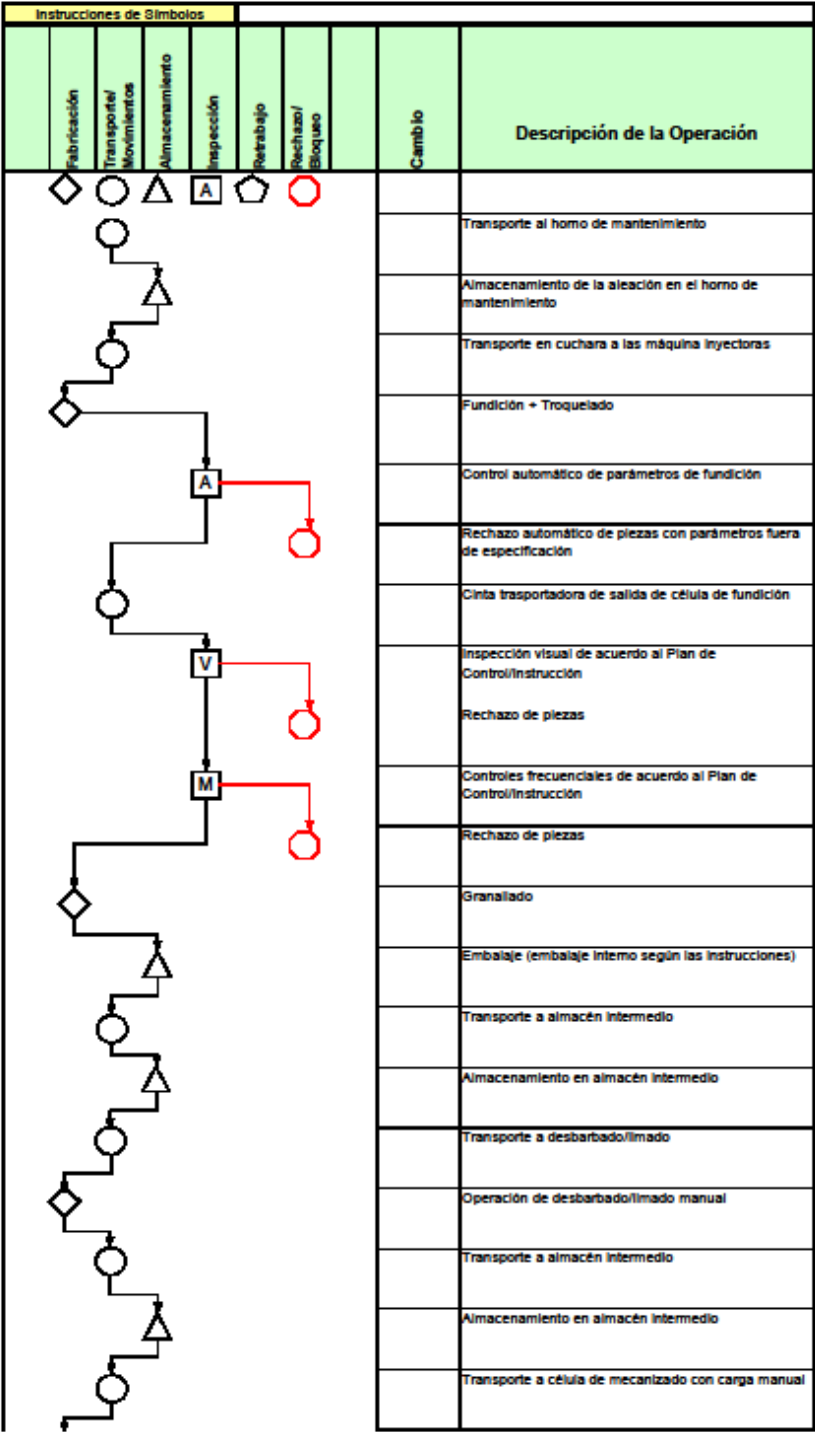


Figura 11. Diagrama de flujo sección de Fundición

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

2.1.3.2.1. DISTRIBUCIÓN CÉLULAS DE FUNDICIÓN

A continuación se va a mostrar el layout de dos células de fundición (máquinas M55 y M71) [Figura 12], que se van a mejorar en este proyecto. Trabajan con la caja de dirección izquierda. Estas dos células tienen integrado el proceso de granallado, ya

que a la salida de las piezas por la rampa (después de ser troqueladas), comparten una granalladora con dos bastidores de 14 piezas cada uno. Una vez se llene uno de los bastidores, el operario lo introduce manualmente en la granalladora, para que estas 14 piezas sean granalladas, y lo mismo cuando se llene el segundo bastidor. Una vez granalladas, se van dejando las piezas en un contenedor hasta contabilizar 90 piezas.

Seguidamente, se van a comentar uno a uno, los elementos que componen las células de fundición actuales inmersas en este trabajo:

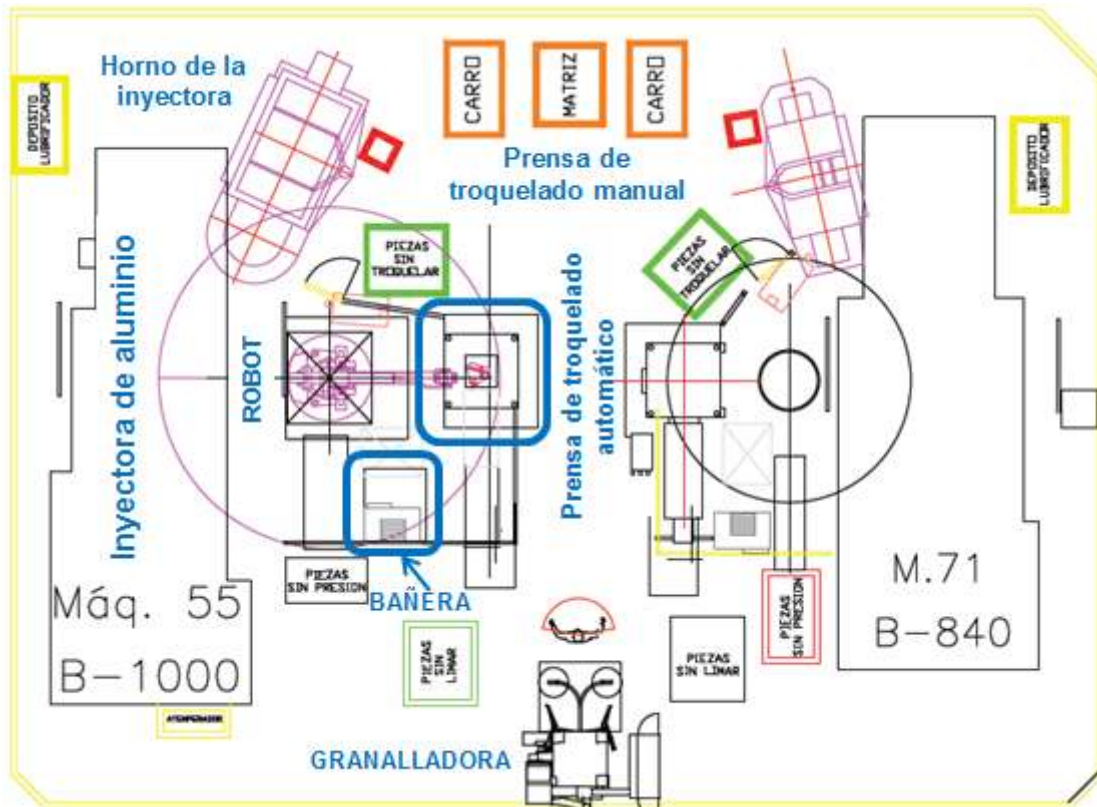


Figura 12. Layout de dos células de fundición UF001 con granalladora manual (M55 y M71)

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

2.1.3.2.1.1. INYECCIÓN DE ALUMINIO A ALTA PRESIÓN EN CÁMARA FRÍA

A continuación, se va a realizar una definición general del proceso de inyección de aluminio que utiliza la empresa, que es la llamada "inyección a alta presión en cámara fría". Este sistema de inyección es utilizado principalmente por fabricantes para una producción en serie a gran escala, especialmente para piezas moldeadas pequeñas y medianas. Gracias a la alta presión utilizada en este sistema de inyección, los resultados son piezas más uniformes, con buen acabado superficial y buena exactitud dimensional.

Este sistema de inyección es ideal para metales como el aluminio (o sus aleaciones), que tienen un punto de fusión alto. El aluminio fundido se licua y a continuación se cuela en una cámara fría, donde un pistón de accionamiento hidráulico empuja el aluminio fundido hacia el molde. La presión se mantiene mientras el aluminio se enfría

y finalmente, se solidifica. Una vez la pieza se ha solidificado, el plato o parte móvil se desplaza y expulsa la pieza. Una vez expulsada la pieza, y antes de la siguiente inyectada, la parte móvil es limpiada y lubricada con unas boquillas de lubricación encaradas en zonas concretas.

Los componentes principales de una inyectora en cámara fría se muestran a continuación:

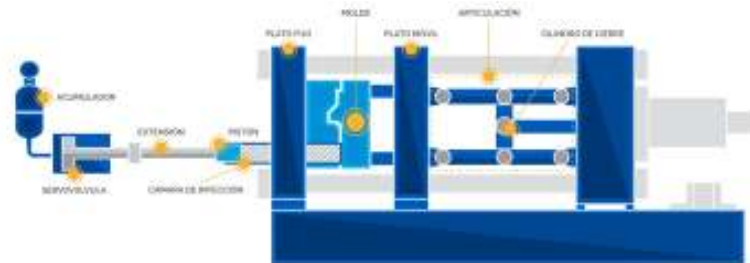


Figura 13. Componentes principales de una máquina inyectora en cámara fría

[Web: <https://www.dynacast.es/fundicion-inyectada-en-camara-fria/>]

La secuencia de funcionamiento en imágenes, sería el siguiente:

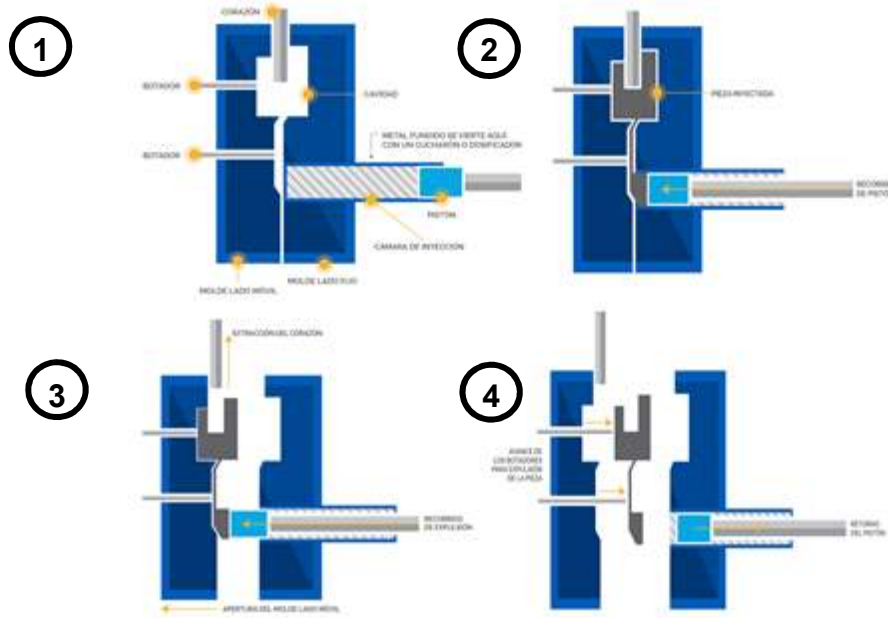


Figura 14. Secuencia de funcionamiento de la inyección de aluminio a alta presión en cámara fría

[Web: <https://www.dynacast.es/fundicion-inyectada-en-camara-fria/>]

- 1.- El molde se cierra y el aluminio fundido se dosifica en la cámara de inyección de la cámara fría.
- 2.- El pistón hidráulico empuja el aluminio fundido en la cavidad de inyección donde se mantiene bajo presión hasta su solidificación.
- 3.- La parte móvil del molde se abre y el pistón hidráulico avanza, para asegurar que la pieza de fundición permanezca en el molde de expulsión. Los corazones, machos o noyos se retraen.
- 4.- Los botadores o empujadores empujan la pieza fundida fuera de la parte móvil del molde y el pistón hidráulico regresa a su posición original, para la siguiente inyectada.



Imagen 11. Parte fija del molde con sus noyos

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]



Imagen 12. Parte móvil del molde

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

2.1.3.2.1.2. ROBOT INDUSTRIAL DE 6 EJES

Según la IFR (International Federation of Robotics), por robot industrial de manipulación se entiende:

“Máquina de manipulación automática programable y multifuncional con tres o más ejes, que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la realización de trabajos diversos en las diferentes etapas de la producción industrial, ya sea en una posición fija o en movimiento”.

Existen varios tipos de robots en la industria, dependiendo de muchos factores, pero los robots que nos ocupan este proyecto, se tratan de robots angulares o antropomórficos de 6 ejes. Estos tipos de robots presentan una gran maniobrabilidad y accesibilidad a zonas con obstáculos, ocupan poco espacio en relación a su alcance, son robots rápidos que permiten trayectorias complicadas. En definitiva, son los robots más usados en la industria.

Los accionamientos utilizados en robótica son clasificados en función de la energía que utilizan: neumáticos, hidráulicos y eléctricos. Los robots de nuestras células son

ABB eléctricos, con accionamiento neumático en la herramienta de limado o en la pinza con dedos.

En las siguientes figuras [Figura 15] y [Figura 16], se aprecian los distintos ejes de un robot industrial como los de este proyecto, y las trayectorias de cada uno de esos ejes.

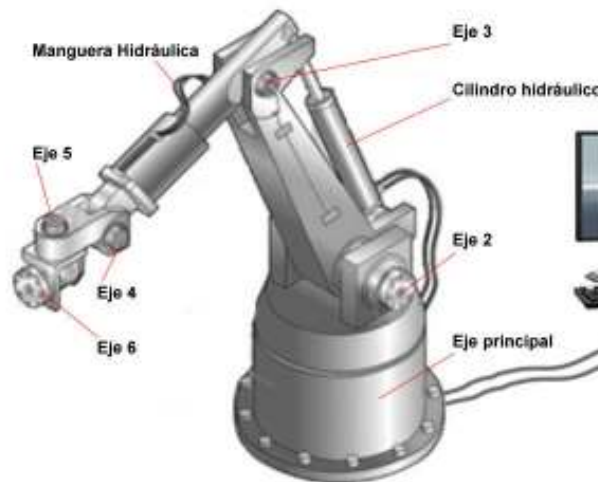


Figura 15. 6 ejes de un brazo robótico

[Web: <http://www.inventosmodernos.cl/robot.htm>]

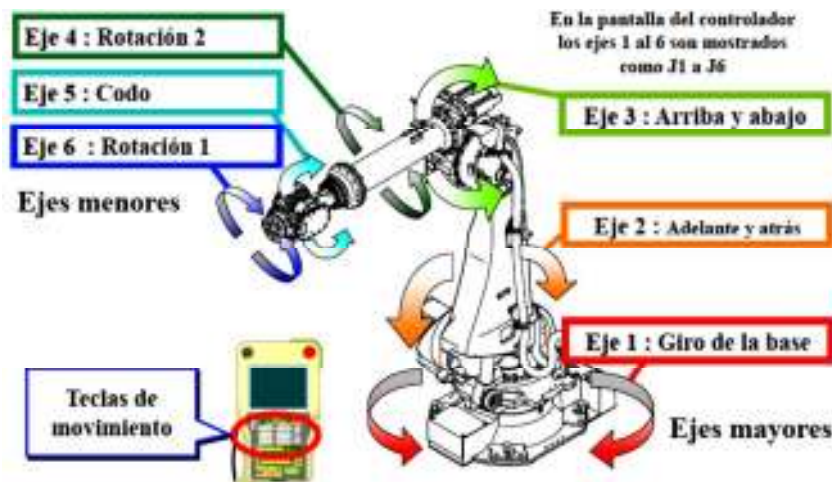


Figura 16. Trayectorias de los 6 ejes de un robot industrial

[Web:

[http://www.dicis.ugto.mx/profesores/balvantin/documentos/Manufactura%20Avanzada/5%20PRAC
TICAS%20ROBOT%20NACHI.pdf](http://www.dicis.ugto.mx/profesores/balvantin/documentos/Manufactura%20Avanzada/5%20PRAC%20TICAS%20ROBOT%20NACHI.pdf)

El ciclo de los dos robots de las células de este proyecto, es el siguiente:

1. Esperan a que salga la pieza de la inyectora, y una vez sale, la agarran y la llevan a una bañera de refrigeración de agua.
2. Seguidamente a un soplado para eliminar el agua de ese baño.
3. Por último, una vez soplada la pieza, la desplazan hasta la prensa.

2.1.3.2.1.3. PRENSADO

A continuación se muestra la prensa o troquel automático dentro de la célula de trabajo. Como se aprecia en la [\[Imagen 13\]](#), tanto la parte inferior como la superior tienen la forma de la superficie de la pieza, para que sea posible el troquelado de la colada en general.

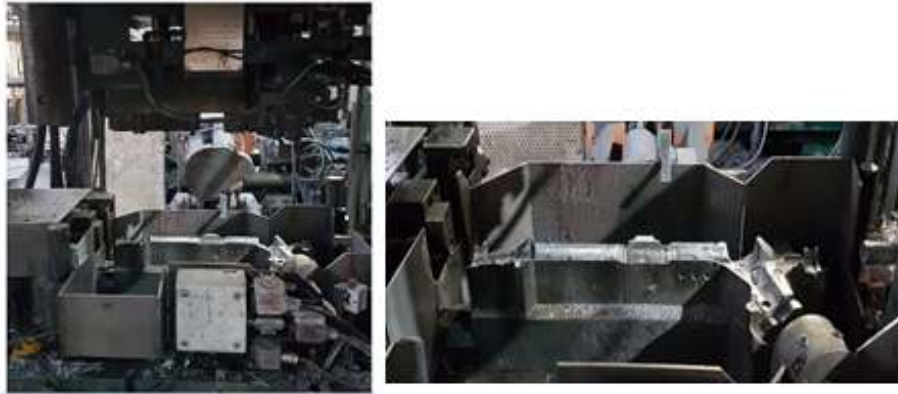


Imagen 13. Vista general y detalle parte inferior prensa

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

En las siguientes imágenes, se aprecia que en cada extremo de la parte inferior de la prensa, hay un cilindro para eliminar la rebaba que se forma en la intersección de los noyos piñón y cremallera (izquierda de la [\[Imagen 14\]](#) y otro para eliminar la rebaba de la intersección de los dos noyos del interior de la cremallera (derecha de la [\[Imagen 14\]](#)).



Imagen 14. Cilindro noyo piñón cremallera y cilindro noyos interior cremallera

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

Por otro lado, han llegado piezas a cliente con algunas de estas rebabas interiores, porque por cualquier motivo, puede fallar cualquiera de los dos cilindros de la prensa, y el operario no darse cuenta.

A raíz de esta reclamación de cliente, se ha colocado en la rampa de salida de pieza, un cilindro extra para realizar la operación manual de eliminación de rebabas interiores, por si siguen presente después de su paso por la prensa.



Imagen 15. Operación manual de eliminación de posibles rebabas interiores

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

2.1.3.2.1.4. GRANALLADO

El granallado es una técnica de tratamiento superficial por impacto, y se utiliza para mejorar la resistencia, limpiar y fortalecer acero inoxidable o tipos de aleaciones.

Es una técnica que viene utilizándose en industrias que trabajan con metales para la industria aeroespacial, automoción, construcción, naval, fundición, ferroviaria, entre otras. Se logra un excelente grado de limpieza y a su vez, un correcto aspecto superficial.

Generalmente, consiste en el bombardeo de partículas abrasivas a alta velocidad (65-110 m/s) que impactan contra la pieza tratada, a través de boquillas, mediante una herramienta neumática acelerada por aire comprimido. Con la eliminación de contaminantes de la superficie de la pieza, se le da una rugosidad que mejora el aspecto visual de la pieza, además de dureza y resistencia.

Las granalladoras deben diseñarse y escogerse de acuerdo a la aplicación en donde se requiera, y son procesos económicos, rápidos y simples. Además, al ser de circuito cerrado, evita la contaminación ambiental.



Imagen 16. Granalla de acero esférica

[Web: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/granalla-de-acero-S390-300003644328.html/>]

Como se ha mencionado anteriormente, el granallado realizado en estas dos células, es de carga manual por parte del operario, en bastidores de 14 piezas.

La granalladora utilizada es una “Carlo Banfi-SP” y el tipo de granalla utilizada en la empresa es **S280 0,7 esférica**, que impacta contra toda la superficie de la pieza, eliminando rebabas (sobre todo de la colada) y mejorando el aspecto superficial de la pieza.



Imagen 18. Granalladora utilizada en CIE Vilanova

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]



Imagen 17. Bastidor cargado de piezas

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

2.1.3.2.1.5. LIMADO

Entre las secciones de Fundición y Mecanizado, la pieza ha de pasar por un proceso intermedio, que es el “**Limado**”.

Esta operación se realiza en otra nave de la empresa, y es llevado a cabo por una empresa externa.

El limado se realiza mediante lima neumática y siguiendo una serie de instrucciones elaboradas por el departamento de Calidad, para eliminar rebabas que estén fuera de especificación de cliente.

Se ha de hacer hincapié en las zonas dónde cliente más se ha quejado por falta de lima, en forma de reclamaciones. Este es el último proceso sobre la pieza, antes de ser transportada a la sección de Mecanizado.



Imagen 19. Lima neumática utilizada

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

2.1.3.3. MECANIZADO

Mecanizado es la sección de la empresa donde a través de un conjunto de operaciones de conformación de piezas, se elimina material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión. Es el último paso antes de ser enviadas a cliente.

Las piezas llegan al área de mecanizado en forma de lotes (jaulas con piezas ya limadas). El operario introduce dichas piezas en una cinta transportadora que las lleva hasta el interior de la célula, dónde un robot las coge y las lleva a las máquinas de mecanizado de piezas CNC.

Cada célula de mecanizado se divide en dos partes principales:

- Mecanizado de piezas en CNC: en el interior de la CNC (dónde las piezas están sujetas en útiles) (FOTO ÚTIL MEC404) se realizan dos operaciones (llamadas OP10 y OP20) para mecanizar la totalidad de la pieza. A continuación, el robot las traslada a través de una lavadora tipo túnel con cinta transportadora, para la eliminación de restos de viruta y taladrina de la pieza.
- Pruebas requeridas por cliente: la segunda parte se basa en una serie de pruebas que pide cliente, para validar las piezas. Consta de un **fugómetro**, para ver si la pieza tiene alguna fuga; un **multicotas**, para comprobar la existencia de roscas y taladros; y por último, un **Marposs**, para comprobar dimensiones de cotas críticas para cliente (aunque no afecta a este trabajo, ya que el Marposs no se encuentra en las células que mecanizan estas piezas).

Una vez la pieza pasa por las dos partes de la célula, si las piezas son malas, el robot las conduce a una cinta de piezas NOK; en cambio, si las piezas son buenas, las lleva a una cinta de piezas OK. A la salida de esta cinta de piezas buenas, el operario realiza una verificación visual a través de unas pautas marcadas por Calidad, para determinar que no hay ningún defecto inesperado, y si no tiene, las embala en cajas para enviar a cliente.

Las piezas NOK, son introducidas por el operario en contenedores rojos de rechazo para iniciar la rueda en refinera.

Basándose en las piezas en las que se centra este trabajo, en el área de mecanizado hay una célula que trabaja con cajas de dirección de lado izquierdo (referencia UF001), otra célula con las de lado derecho (referencia UF002) y una última célula que trabaja con las dos referencias (2 máquinas con UF001 y una máquina con UF002).

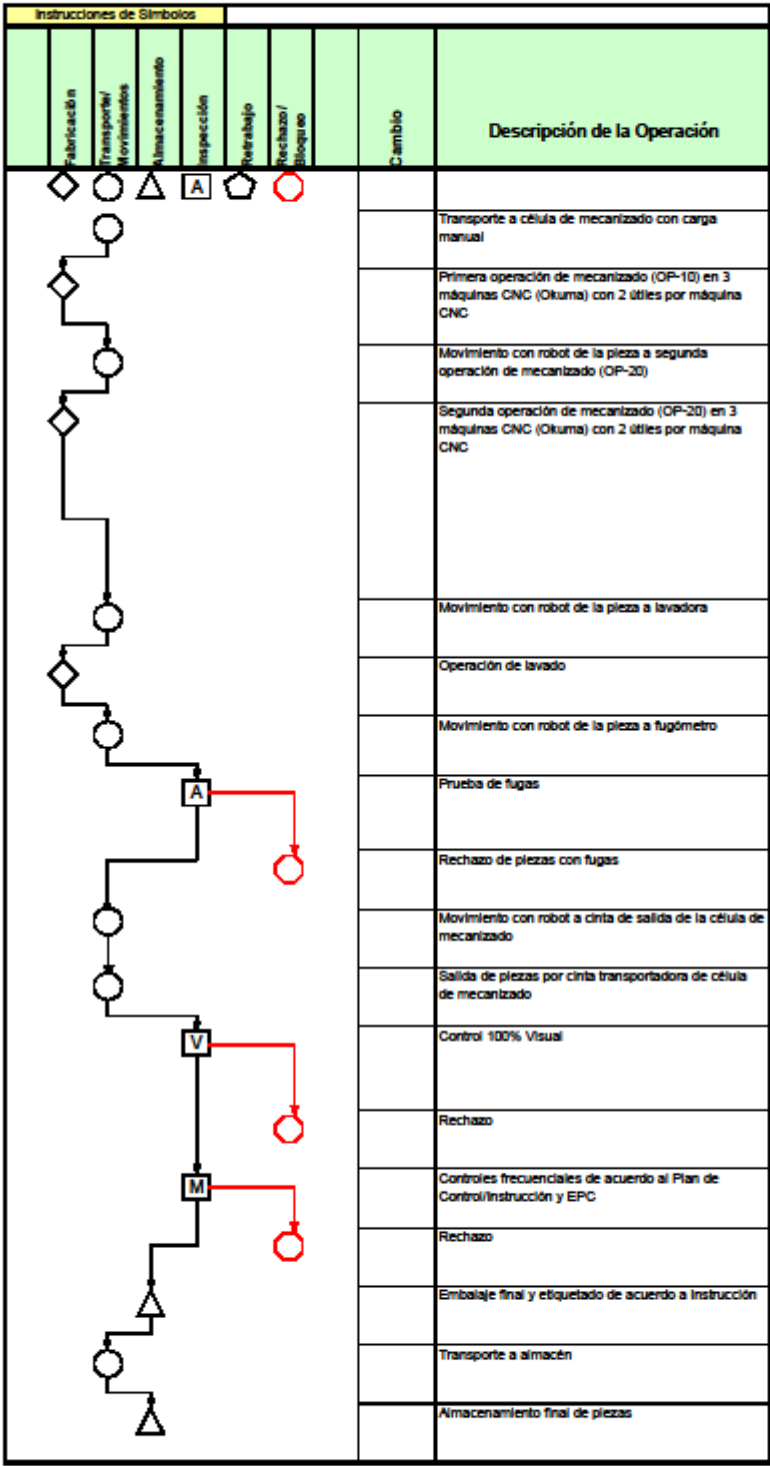


Figura 17. Diagrama de flujo sección de Mecanizado
[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

2.1.3.3.1. DISTRIBUCIÓN CÉLULAS DE MECANIZADO

Se comentan únicamente las células de mecanizado que trabajan con la pieza protagonista de este trabajo, y son las siguientes:

- **Célula NEXTEER UKL (solo LHD):**

Esta célula se compone de **una máquina Aisiakin de 5 estaciones**, que realiza la primera operación de mecanizado de la pieza (OP010), y **3 máquinas First**, que realizan la segunda operación de mecanizado de la pieza (OP020).

La máquina Aisiakin es de tipo transfer, que tiene la ventaja de trabajar en paralelo teniendo más de una estación, y por lo tanto, haciendo diversas operaciones en varias piezas a la vez, una por estación.

En las 3 CNC First, el mecanizado es más lento, y por eso se instalaron en su momento 3 máquinas en paralelo, para no hacer un cuello de botella.

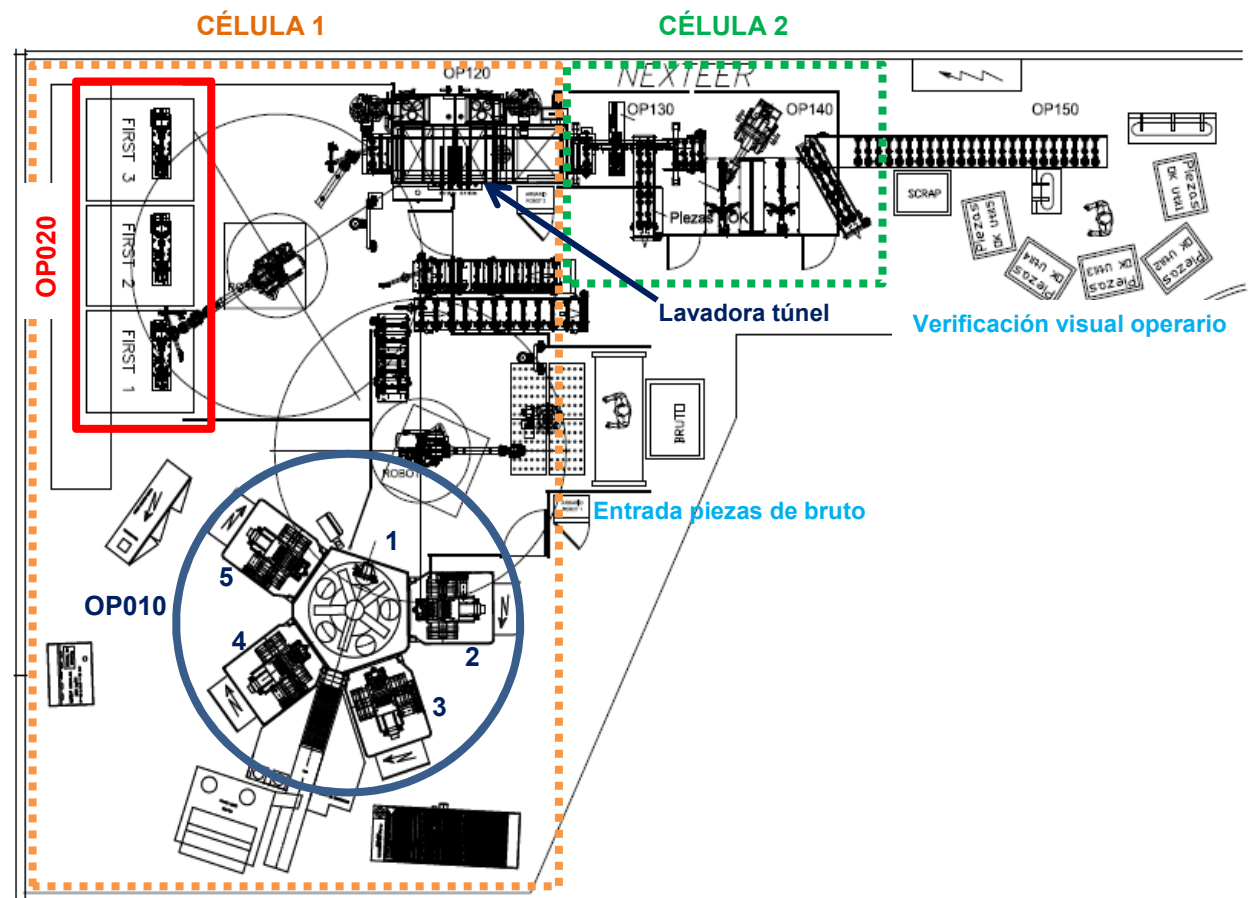


Figura 18. Layout de la célula NEXTEER UKL para referencia LHD

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

- **Célula MEC404ABC (LHD y RHD):**

Esta célula se compone de **3 máquinas de la marca Okuma**, y cada una de ellas es capaz de realizar las dos operaciones de mecanizado. Cada máquina consta de dos utillajes (capacidad de 2 piezas a la vez), y son capaces de trabajar tanto con el modelo de lado izquierdo, como con el de lado derecho, ofreciendo así cierta flexibilidad, en función de si se requieren más piezas de un modelo o de otro.

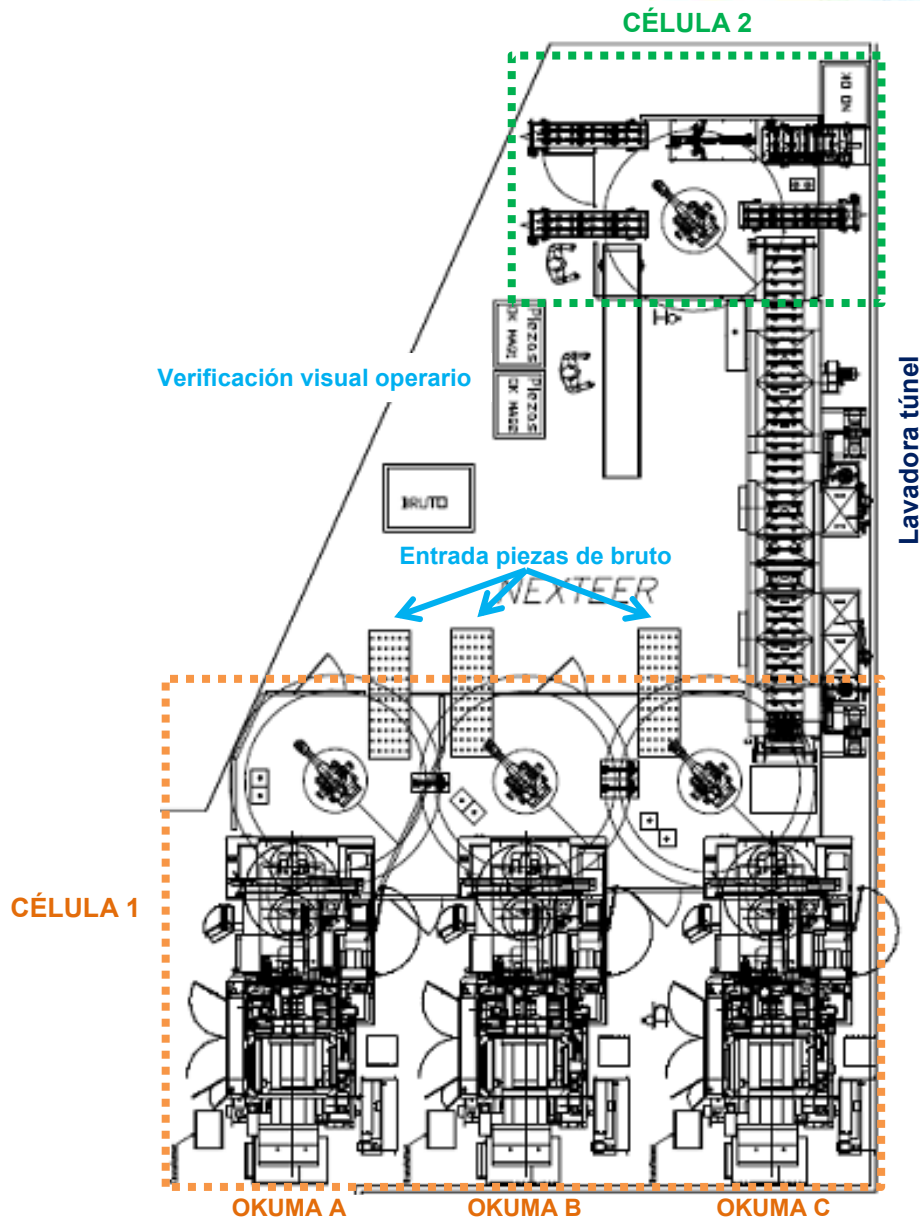


Figura 19. Layout de la célula MEC404ABC para referencias LHD y RHD

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

- **Célula NEXTEER UF002 (solo RHD):**

Esta célula solo mecaniza piezas UF002 (cajas de dirección derecha), así que, no se le dará más importancia, ya que dicho trabajo se ha enfocado en el modelo de caja de dirección izquierda.

2.1.4. CALIDAD

Los autocontroles de Calidad son realizados de acuerdo a un plan de control consensuado con cliente. En cada célula, tanto de fundición como de mecanizado (también en limado), hay unas pautas de autocontrol a realizar por el operario (menos los autocontroles dimensionales, que los realiza un operario especializado en máquinas de medición tridimensional). El objetivo de estos autocontroles es asegurar que la producción de las piezas sea correcta. Cada autocontrol o verificación tiene su frecuencia, y su acción si el resultado es incorrecto.

Para verificar el cumplimiento de todos los autocontroles por parte del operario, el departamento de Calidad realiza auditorías para comprobar si el operario realiza los autocontroles correctamente, y comprueba que se registren los autocontroles en un programa informático interno.

La planta de Mecanizado es el último paso que sigue la pieza antes de ser enviada a cliente, por lo tanto es dónde hay que hacer más énfasis en los autocontroles. Es posible que en Mecanizado se encuentren piezas con defectos de fundición que no han sido detectadas anteriormente. Los contenedores con piezas de fundición con este defecto son apartados, y se le comunica al departamento de Calidad Fundición. Lo mismo ocurre si se detectan piezas en Fundición con defectos producidos por mala aleación del material. En este hipotético caso, Fundición comunica el defecto a Refinería.

Si el cliente encuentra una pieza defectuosa en su planta, éste realiza una reclamación al departamento de Calidad-Cliente. Cada reclamación tiene consecuencias negativas para la empresa, y se han de asegurar que los siguientes envíos estén sin este tipo de defecto.

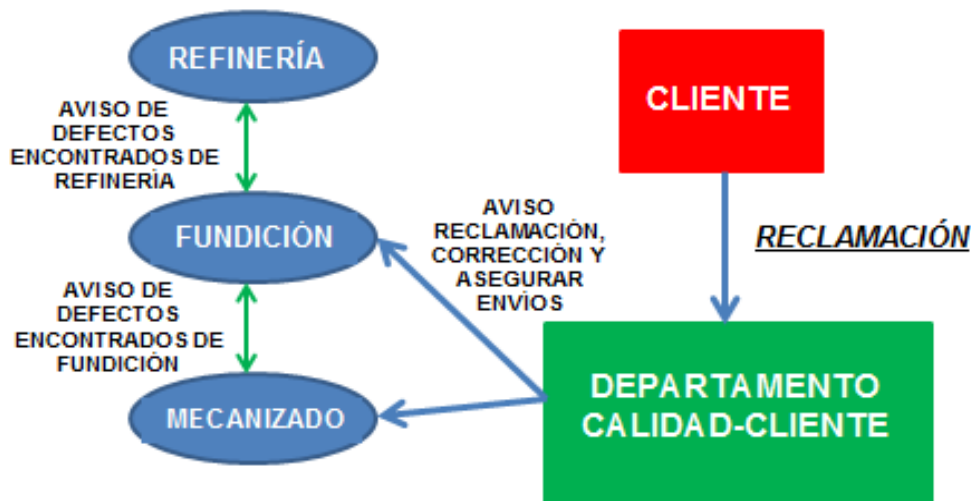


Figura 20. Esquema funcionamiento del departamento de Calidad de la empresa

[Fuente: Autoría propia]

2.1.4.1. CALIDAD FUNDICIÓN

En el área de Fundición, se sigue el siguiente autocontrol de la pieza, para asegurar que la producción sea correcta:

CARACTERÍSTICA A CONTROLAR	RESPONSABLE	METODO DE CONTROL	MUESTRA TAMAÑO FRECUENCIA	INSTRUCCIONES DE NO CONFORMIDAD
Parámetros de proceso	Operario de fundición	Según Registro Autocontrol PROCESO	1 VEZ AL TURNO	Parar máquina y verificar últimas piezas fabricadas. Corregir/ reparar máquina para reestablecer los parámetros de proceso.
Defectos visuales según Pauta Inspección Visual	Operario de fundición	Según Registro Autocontrol PRODUCTO	1 pieza al final de cada contenedor	Rechazar con etiqueta NO CONFORME . Corregir proceso. Verificar piezas y recuperar o achatarrar.
Verificación en útil	Operario de fundición	CALIBRE	1 pieza al final del 1er contenedor de cada turno.	Rechazar con etiqueta NO CONFORME . Corregir proceso. Verificar piezas y recuperar o achatarrar.
Porosidad	Operador de Rayos X	Rayos X	1 vez al turno(2 piezas)	Rechazar con etiqueta NO CONFORME . Corregir proceso. Seleccionar piezas por Rayos X. Se verificarán los cestones anteriores hasta encontrar la primera pieza OK
Defectos visuales definidos como 100 % en Pauta Inspección Visual	Operario de fundición	Visual	100%	Parar máquina y verificar última piezas fabricada. Corregir/ reparar máquina para reestablecer los parámetros de proceso.
Dimensional	Operador CMM	CMM	1 vez al turno	Rechazar con etiqueta NO CONFORME . Corregir proceso. Verificar piezas y recuperar o achatarrar.

Tabla 2. Autocontrol en la sección de Fundición

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

1.- Parámetros de proceso: Este es el primer autocontrol que se le realiza a la pieza, llamado Autocontrol de *PROCESO*, y tiene el objetivo de asegurar que todos los indicadores de las máquinas estén correctos. El operario que está a pie de las máquinas de fundición (inyectora, prensa, granalladora, etc.) es el encargado de realizarlo, siguiendo una serie de pautas realizadas por trabajadores de ingeniería y mantenimiento. En dichas pautas se especifica que indicadores hay que verificar, y qué valores han de indicar. Cuando el operario observe alguna anomalía, ha de parar la máquina y corregir (según los conocimientos del operario); si no, hay que avisar al responsable de turno. Hay que verificar las últimas piezas fabricadas antes de la mencionada anomalía.

2.- Defectos visuales según Pauta Inspección Visual: El Autocontrol de *PRODUCTO* tiene la función de asegurar que la producción se esté realizando sin defectos de pieza. Se trata de un control visual realizado por el operario a pie de máquina, siguiendo una instrucción donde se especifican defectos visuales que no ha de tener la pieza, como rebabas, grietas, faltas de material o deformaciones.

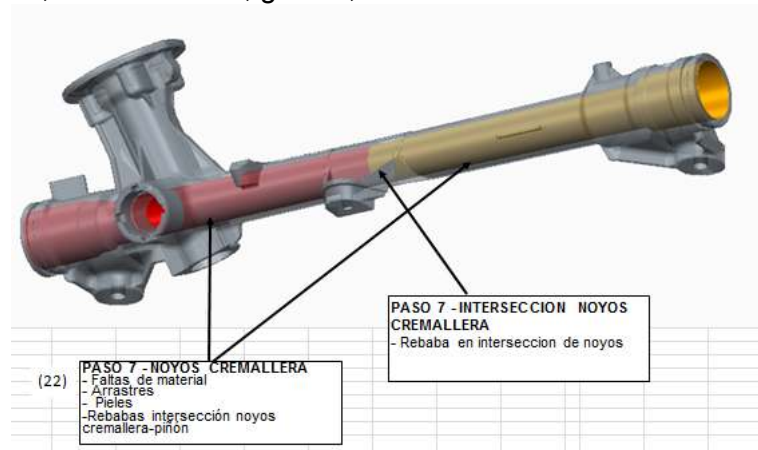


Figura 21. Ejemplo de Pauta de Inspección Visual

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

3.- Verificación en útil: Este autocontrol también lo realiza el operario de fundición, y se trata de introducir la pieza en un útil que verifica la rectitud de la cremallera. Por lo tanto, el objetivo es verificar la no deformación de las piezas.

4.- Porosidad: En este autocontrol, la pieza se introduce en una máquina de Rayos X, donde se verifica su porosidad interna (no visual). Se verifican zonas especificadas en un documento, y el operador de Rayos X ha de determinar si los poros son correctos o están fuera de especificación de cliente.

	Definición clases porosidad	Pk.2	Pk.3	Pk.4	Pk.5	Pk.6	Pk.7
1	Diametro maximo de los poros en diametro (en mm)	0,4	0,7	1	2	3	4
2	Minima distancia entre dos poros (en mm)	8	15	20	25	30	30
3	No se consideran poros los que tengan un diametro inferior a: (en mm)	0,2	0,4	0,6	1	1	1
4	En excepcion al punto 1, el tamaño maximo de porosidad sera en funcion del porcentaje del espesor de pared	N/A	N/A	30%	30%	30%	30%
5	En excepcion al punto 2, y solo cuando haya solo un grupo de 3 poros, la distanciam minima entre ellos sera de: (en mm)	1	1,5	2	3	3	3
6	En excepcion al punto 1, si solo hay un poro su diametro pude ser de (en mm)	0,6	1	1,5	2,5	3,5	4,5

Zona nº	Descripcion zona	Porosity Class on Machined Surfaces	Clase de porosidad internaadmisibile
1	Pletina piñón	PK 3	PK 4
2	Conteras	PK 3	PK 4
3	Noyo piñón (zonas mezanizadas)	PK 2	PK 2
4	Patas de amarre 3x	PK 4	PK 4
5	Zona yoke	PK 2	PK 7
6	Agujeros fijación valvula 3x	PK4	PK 7
7	Interior noyo corto cremallera	PK5	PK 5
8	Interior noyo largo cremallera	PK5	PK 5
9	Botones escudo termico	PK2	PK 7

Tabla 3. Definición clases de porosidad especificadas por cliente

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

5.- Defectos visuales definidos como 100% en Pauta Inspección Visual: Este autocontrol lo realiza también el operario de fundición, y se le realiza al 100% de las piezas. Es un autocontrol visual, como el autocontrol de PRODUCTO, pero esta verificación, al tratarse del 100% de las piezas, se centra en menos zonas. Si se encuentran varias piezas seguidas con defectos, se ha de verificar el proceso.



Figura 22. Ejemplo de Instrucción de Verificación 100%

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

6.- Dimensional: El último autocontrol de fundición, es el autocontrol *Dimensional*, para validar la producción. Se coloca la pieza en una máquina de medición tridimensional, para verificar que las dimensiones de la pieza sean correctas.

En todos los autocontroles que se han descrito, si se detectan piezas con defectos, se ha de parar máquina y verificar el proceso. Dichas piezas defectuosas se bloquean desde el último autocontrol, para que luego Calidad encuentre el corte de pieza buena. Las piezas defectuosas se envían a Refinería.

El registro de estos autocontroles se realiza a través de un programa informático interno, para que los responsables puedan analizar los resultados.

2.1.4.2. CALIDAD MECANIZADO

El autocontrol seguido en el área de Mecanizado es el siguiente:

CARACTERÍSTICA A CONTROLAR	RESPONSABLE	METODO DE CONTROL	MUESTRA TAMAÑO FRECUENCIA	LIMITES DE ALERTA	INSTRUCCIONES DE NO CONFORMIDAD
Dimensional Seguimiento SPC cotas críticas (CL5)	Operario Tridimensional	Tridimensional (Zeiss CMM)	1pieza/util OP10 al inicio y final de produccion + 1 pieza /util OP10 /turno		Rechazar con etiqueta NO CONFORMIDAD. Detener y corregir proceso. Verificar piezas y rechazar o reprocesar.
Diametros Marposs	Operario Mecanizado	Marposs	Inicio y final de produccion + 1piezas/turno		Rechazar con etiqueta NO CONFORMIDAD. Detener y corregir proceso. Verificar piezas y rechazar o reprocesar.
Control Reforzado Roscas y Agujeros Patas s/pauta	Operario Mecanizado	Tampon PASA/NO PASA	1 Pieza al FINAL caja	1 PIEZA / TURNO	Rechazar con etiqueta NO CONFORMIDAD. Detener y corregir proceso. Verificar piezas y rechazar o reprocesar.
Poka-Yokes	Operario Mecanizado	Fugómetro/Multicotas	Patrones OK/NOK: Al inicio de cada turno + al final del último turno de trabajo. 100% producción	AISI AKIN: 20 PIEZAS / TURNO MEC404ABC : 15 PIEZAS / TURNO	Reprocesar al final de cada turno. Si son NOK, rechazar.
Defectos visuales según pauta	Operario Mecanizado	Visual	100%	AISI AKIN: 20 PIEZAS / TURNO MEC404ABC : 15 PIEZAS / TURNO	Rechazar piezas. Si hay un rechazo igual o mayor a los límites de alerta, avisar a responsable.
Porosidad visual	Operario Mecanizado	Visual	100%	AISI AKIN: 35 PIEZAS / TURNO MEC404ABC : 25 PIEZAS / TURNO	Rechazar piezas. Si hay un rechazo igual o mayor a los límites de alerta, avisar a responsable
Rugosidad	Operario mecanizado	Rugosímetro	Inicio y final de produccion + 1 pieza/mes. ØE: 1 p/turno + cada cambio herramienta	1 PIEZA / MES	Rechazar piezas. Si hay un rechazo igual o mayor a 1 pieza/mes, avisar a responsable
Limpieza	Resp. Calidad Unidad	ISO 16232	1 pieza/mes	1 PIEZA / MES	Rechazar piezas. Si hay un rechazo igual o mayor a 1 pieza/mes, avisar a responsable

Tabla 4. Autocontrol en la sección de Mecanizado

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

1.- Autocontrol Dimensional – Seguimiento SPC cotas críticas (CL5): Autocontrol realizado por un operario especializado, que mediante una máquina de medición tridimensional, comprueba que las cotas críticas de la pieza sean correctas. Las cotas críticas son las más importantes para cliente, y es por ello que se hace un seguimiento de dichas cotas, a través de un programa informático interno, que permite graficar cada una de estas cotas en un período de tiempo determinado.



Figura 23. Ejemplo seguimiento SPC cotas críticas

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

2.- Diámetros Marposs: Autocontrol realizado por el operario de mecanizado a pie de célula. Se miden una serie de diámetros indicados en una pauta, con unos calibres automáticos Marposs, para verificar las correctas dimensiones de dichos diámetros.

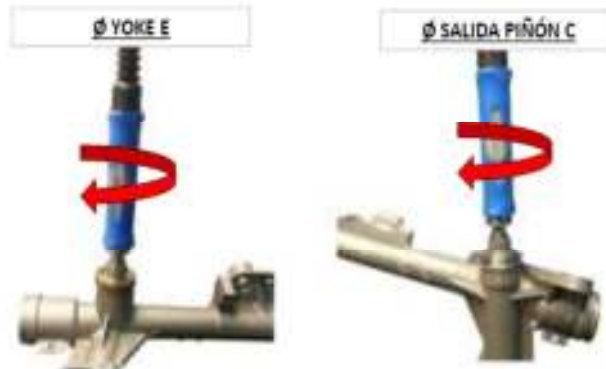


Figura 24. Ejemplos medición diámetros mediante calibre Marposs

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

3.- Control Reforzado – Roscas y agujeros patas según pauta: En este autocontrol, también realizado por el operario de mecanizado a pie de célula, se verifica el correcto roscado del yoke M37, del piñón M42 y de los taladros de la pletina M8. También se verifican los agujeros de las patas de amarre. El autocontrol se realiza con calibres Pasa/No Pasa. En primer lugar se verifica el No Pasa, y a continuación el Pasa.



Figura 25. Ejemplos verificación roscado y agujeros mediante Pasa/No Pasa

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

4.- Autocontrol de Poka-Yokes: En este autocontrol, realizado por el operario de mecanizado, se verifica el correcto funcionamiento del fugómetro y del multicotas. Al inicio de cada turno, los operarios pasan unas piezas patronas OK y NOK, para confirmar piezas buenas y malas. En caso de que no sean correctos, se bloquea el material desde el último autocontrol, y se reprocesan dichas piezas para asegurar que no fuguen, y que contengan todas las roscas y taladros.



Imagen 20. Piezas patronas OK/NOK fugas y multicotas

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

5.- Defectos visuales según pauta: Autocontrol visual 100% para detectar defectos visuales en zonas especificadas en una pauta. El operario realiza una rápida

verificación visual de todas las piezas, para asegurar que ninguna pieza defectuosa acabe en cliente. Si surgen más de 20 piezas defectuosas/turno en la célula Aisiakin, y más de 15 piezas defectuosas/turno en la célula MEC404, se ha de avisar al responsable, para que éste comunique a fundición dichos defectos para corregir proceso o pedir otro contenedor de piezas. Todo el contenedor defectuoso se rechaza para Refinería.



7.- Girar la pieza 360º comprobando visualmente el correcto mecanizado de la regata exterior en contera lado yoke.
8.- Verificar visualmente el interior de la contera.

Figura 26. Ejemplo verificación visual según pauta

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

6.- Porosidad Visual: Es un autocontrol visual 100% realizado también por el operario, que siguiendo una pauta realizado por el departamento de Calidad, verifica la existencia o no de poros en la pieza. En la pauta se especifica el tamaño válido que han de tener los poros, y la distancia mínima que ha de haber entre ellos.



Figura 27. Ejemplo de verificación de poros según pauta

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

7.- Autocontrol de Rugosidades: Se mide la rugosidad en superficies críticas de la pieza, para verificar su correcto mecanizado. Lo realiza el operario de mecanizado mediante un rugosímetro.

8.- Autocontrol de Limpieza: Es un autocontrol que se realiza con menos frecuencia, concretamente una vez al mes. Consiste en cortar una parte de la pieza, e inspeccionarla mediante microscopio en busca de partículas contaminantes según norma ISO 16232. En caso de detectarse un aumento de estos contaminantes, se ha de corregir el proceso de limpieza de las piezas.

2.1.5. EMBALAJE

Las piezas disponen de un embalaje u otro, en función de en qué fase se encuentren. Las piezas que son transportadas internamente, por ejemplo de fundición a limado o de limado a mecanizado, son almacenadas en un embalaje interno, concretamente en jaulas o contenedores de acero colocadas a granel.

Dichas jaulas van identificadas con una etiqueta con la referencia de la pieza, la orden de trabajo con su fecha de salida y su número de lote, el número de piezas y en un lado, los procesos que ha pasado, los cuáles van siendo tachados por el operario una vez los pasan. Dichos procesos son: Inyección, troquelado, granallado, limado, soplado, fugómetro, mecanizado, muro de Calidad y Rayos X.

El último lugar dónde se ven estas jaulas, es en la sección de Mecanizado, ya que una vez mecanizadas y verificadas, las piezas son almacenadas en contenedores de cartón con divisores, para que estén bien ordenadas. En cada contenedor deben de haber **96 piezas**, distribuidas en **8 capas de 12 piezas cada capa**. Estos contenedores van identificados exactamente como las jaulas de acero de transporte interno, pero sin los procesos realizados, ya que se trata del embalaje final para ser enviadas a cliente. A parte, se les coloca una segunda etiqueta, con el número de útil de la máquina CNC dónde han sido mecanizadas, y sus horas de mecanizado.



Imagen 21. Embalaje exterior final

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]



Imagen 22. Colocación correcta de piezas

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]



Imagen 23. Contenedores de transporte interno UF001 (gris) y UF002 (amarillo)

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

2.1.6. DEFECTOS DE LA PIEZA

A continuación, se mostrarán algunas de las piezas que han llegado a cliente por tema de rebabas.

Se trata de reclamaciones que cliente ha expedido a CIE Vilanova, con los consecuentes efectos negativos que conlleva, como por ejemplo: pérdida de confianza por parte de cliente, pérdidas económicas, selección de piezas para siguientes envíos, entre otras.

Son piezas que con un sistema de limado automático no llegarían nunca a cliente, ya que en este caso se suprimiría el error humano.

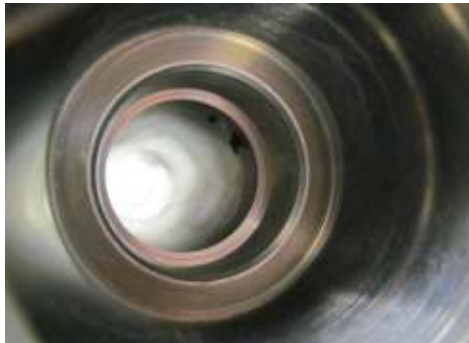


Imagen 24. PC13639_Rebaba interior de la cremallera (2015)

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

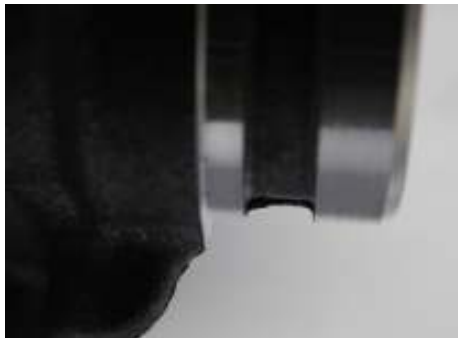


Imagen 25. PC18106_Rebaba en la contera del lado contrario al yoke (2016)

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

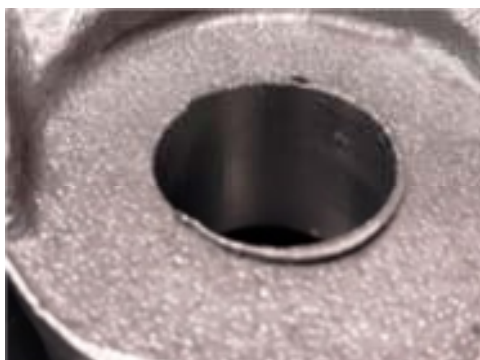


Imagen 26. PC21169_Rebaba pata de amarre central (2017)

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]



Imagen 27. PC22611_Rebaba en el borde pata de amarre (2017)

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

La [Imagen 24] muestra rebabas en el interior de la cremallera y sucedió en 2015. Después del proceso de fundición, la troqueladora o prensa, no fue capaz de eliminarlas, y en el proceso de limado neumático manual, el operario no las eliminó al no haber instrucciones específicas en el puesto de trabajo. No había información previa de que rebabas pudiesen permanecer en el interior de la cremallera después de la operación de troquelado. A raíz de esta reclamación, se realizó una pauta de instrucciones sobre qué zonas incidir a la hora de limar, remarcando la zona de esta reclamación. A medida que iban ocurriendo reclamaciones por falta de limado, se iba actualizando dicha pauta.

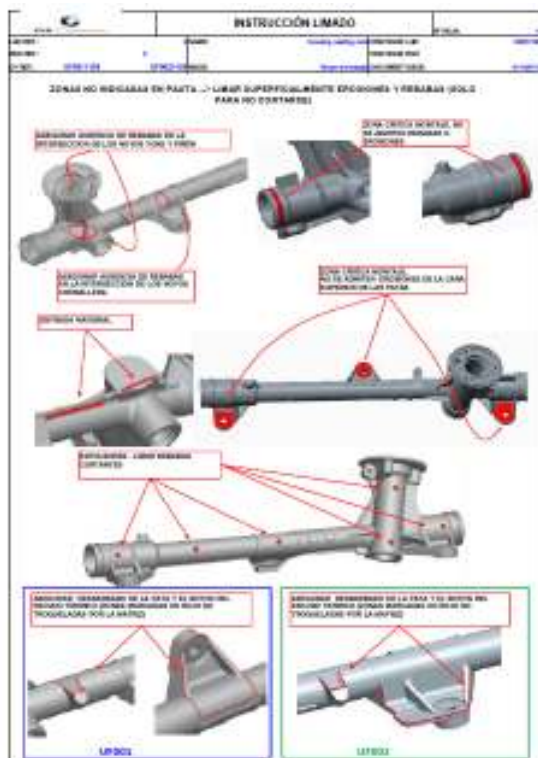


Figura 28. Pauta de instrucciones para un correcto limado

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]



Figura 29. Detalle remarcando la zona de esta reclamación de 2015

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

La [Imagen 25] muestra rebabas en la partición de la contera del lado contrario al yoke y se produjo en 2016. Este problema ocurrió durante el proceso de fundición de la pieza, ya que se filtró material entre la parte fija y móvil del molde, ocasionando esta rebaba. Se habilitó un tubo de aire de lubricación del molde, enfocando directamente

la zona de las conteras para evitar futuras rebabas. En la pauta de instrucciones de limado, se especificó que la rebaba máxima en esa zona podía ser de 0,3 mm.



Figura 30. Detalle conteras con rebaba máxima de 0,3 mm

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

La [Imagen 26] muestra una rebaba en la pata de amarre central de la pieza, y ocurrió en 2017. Durante el proceso de solidificación de la pieza, dentro del molde, el aluminio se filtró entre la pata de amarre y el molde, y se formó dicha rebaba. Se redujo el diámetro y otras dimensiones del noyo específico que realiza el agujero de esta pata, para evitar que se formasen rebabas en esta zona. Tampoco el operario de limado se dio cuenta de esta rebaba, ya que no había ocurrido antes.



Figura 31. Detalle de la pauta de instrucción de limado remarcando el limado de las patas de amarre

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

Por último, la [Imagen 27] muestra una rebaba en una de las patas extremas de la pieza, y también ocurrió en 2017. Concretamente, la rebaba se formó en el borde inferior de dicha pata, y tampoco el operario fue capaz de visualizarla durante la operación de limado.

3. MEJORA DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Ante todo, hay que especificar que las mejoras entran dentro de una situación ficticia, ya que la empresa no tiene pensado realizarlas, al menos a corto o medio plazo, debido a las inversiones realizadas en los últimos tiempos.

La idea se centra en dos células de fundición del modelo de caja de dirección izquierda (UF001), y trata de automatizar un sistema de limado y una granalladora, a continuación de dichas células.

Actualmente, como se ha especificado antes, son procesos manuales realizados por operarios de turno, y el proceso del granallado es anterior al de limado.

Con la mejora, se propone automatizar dichos procesos, e intercambiarles el orden, es decir, primeramente el limado y seguidamente el granallado.

Con este intercambio, se busca eliminar el defecto de lima [\[Imagen 28\]](#), [\[Imagen 29\]](#) y [\[Imagen 30\]](#), ya que lo eliminaría la granalla.



Imagen 28. Defecto de lima zona pata de amarre central.

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]



Imagen 29. Defecto de lima partición conteras.

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]



Imagen 30. Defecto de lima botón del escudo térmico.

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

Obviamente, al implantar estos dos procesos adicionales dentro de la célula, habría que añadir **dos robots de 6 grados de libertad, uno de carga y descarga de pieza, y el otro de lima.**

La célula se dividiría en tres partes:

- 1.- Célula actual con operario a la salida de la prensa: se cambia el lado actual de salida de pieza.
- 2.- Célula robotizada con dos robots y dos posicionadores
- 3.- Granallado de paso continuo y llegada al operario de línea

3.1. CÉLULA DE FUNDICIÓN AUTOMATIZADA

Se han barajado varios posibles layouts (ver anexos) para la automatización de estas dos células, pero por tema de espacio, se ha considerado que la distribución más adecuada para esta nueva célula es la siguiente:

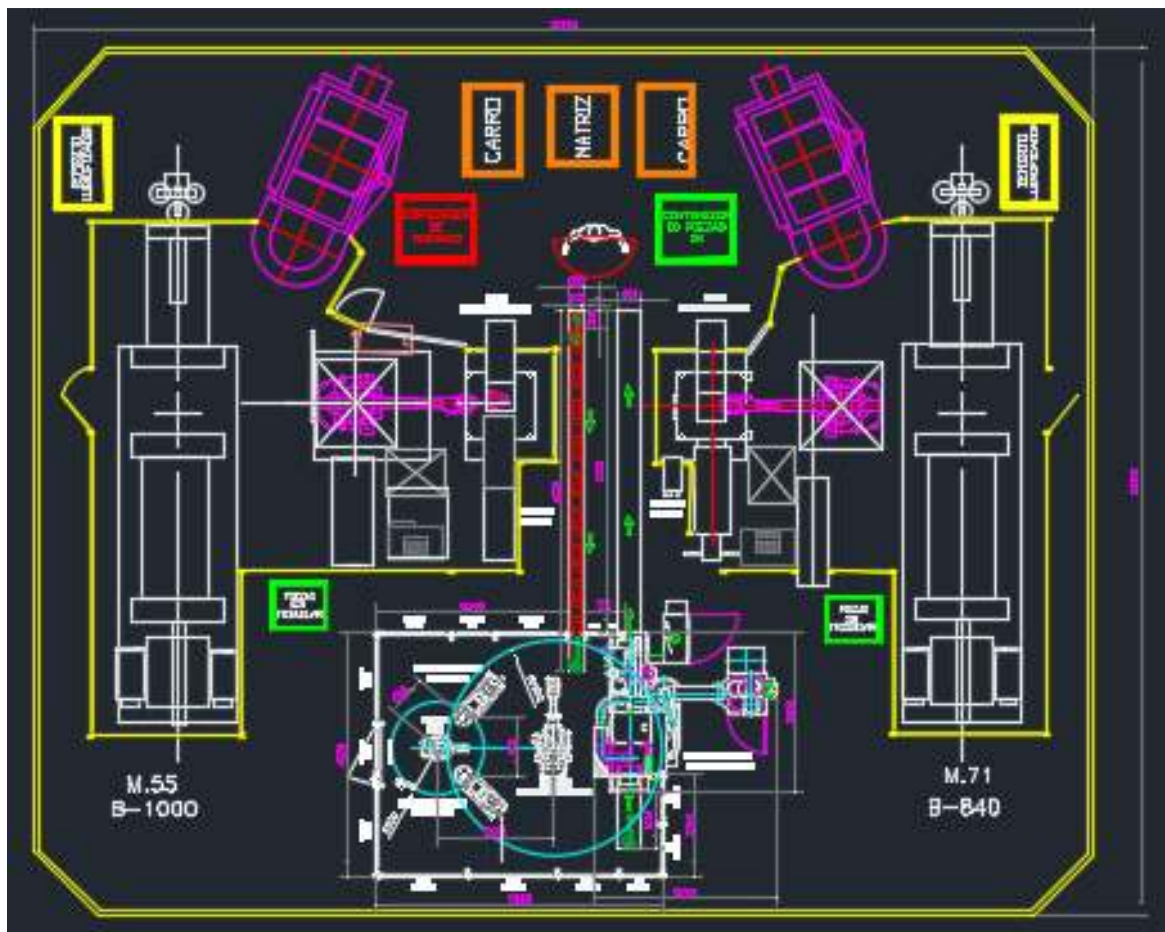


Figura 32. Layout general final de la célula de fundición automatizada

[Fuente: Autoría propia]

El proceso es el siguiente:

- Según la pieza sea troquelada por la prensa, una bandeja la recoge y la desplaza a la rampa de salida contraria a la actual. Las mermas de la pieza producidas por la prensa, van a parar a un carro que hay justo debajo de la prensa, y que hay que ir renovando, según se vaya llenando de todas las partes sobrantes de la pieza (bebederos, parrilla...) y se utilizan para achatarrar (a la inversa del layout actual).



Imagen 29. Carro situado debajo de las prensas

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

- El operario punzona la cremallera y el piñón (como se realiza actualmente) e introduce la pieza en una cinta transportadora con unos **útiles (con unos apoyos**, para facilitar al robot su manipulación) que la transporta hasta un **primer robot de 6 ejes de carga y descarga** de pieza, que se encarga de llevarla a un posicionador (sincronizado con el robot de lima), que en ese momento está vacío (dónde un segundo robot de 6 ejes limaría las zonas críticas de la pieza).
Una vez limada, el robot de carga y descarga lleva la pieza a la cinta transportadora de banda con guías laterales, que conecta con la entrada de la **granalladora automática de paso continuo**.
- La pieza entra en la granalladora de paso continuo (cinta interior de paso de cadena, para permitir el chorreo de bolas por toda la superficie de la pieza), y una vez sale, esta cinta interior conecta con otro tramo de cinta transportadora de banda con guías laterales, que llega hasta el operario de final de línea.
- El operario realiza una verificación final de la pieza, le da un soplado extra, y la deja en contenedor OK o en contenedor de rechazo.
- Una vez el contenedor OK de 90 piezas está lleno, el carretillero se lo lleva a la sección de mecanizado, y el contenedor de rechazo (una vez lleno) a refinería para achatarrar.



54

se frene, hasta que el robot la coja, y entonces la cinta seguiría su curso.
No se ha adjuntado una imagen exacta de este tramo de cinta, ya que debería de fabricarse.

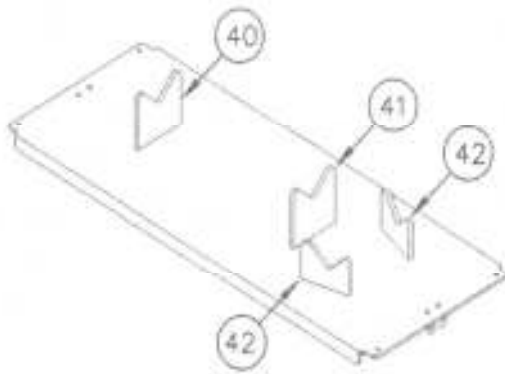


Figura 34. Utillaje porta-pieza con 3 apoyos

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]



Imagen 30. Ejemplo similar al transportador de entrada a célula robotizada TX 4312

[Fuente: Oferta TN Flex Conveyors]

3.1.2. ROBOT 6 EJES DE CARGA Y DESCARGA

El robot encargado de la carga y descarga de piezas en esta célula de fundición automatizada, se ha decidido que sea un ABB IRB 2600, debido sobre todo a su mayor alcance (hasta 1853 mm de radio) en comparación con el ABB IRB 140 (hasta 810 mm de radio de alcance).



Imagen 31. Robot industrial ABB IRB 2600

[Fuente: PDF Ficha técnica robot IRB 2600]

Es un robot diseñado para incrementar la productividad de aplicaciones de manipulación de materiales, y se puede montar en el suelo, en inclinado, en la pared, invertido o sobre un estante. En este diseño, irá montado en el suelo a través de una bancada collada al suelo.

En este caso, se ha elegido la versión de brazo largo (1,85 m de alcance) con una carga de hasta 12 kg. En la brida de la muñeca de este robot, irá acoplada una placa adaptadora, para hacerla encajar con la pinza neumática hermética DPG-Plus 125-1 elegida. Esta pinza tendrá acoplados unos soportes para aguantar los dos dedos que

serán los encargados de coger la pieza.

Como se puede apreciar en las figuras inferiores, los dedos que cogerán la pieza son diferentes. El de la [Figura 35], se aprecia que tiene sus “agarres” más separados, y el de la [Figura 36], más juntos. También se puede apreciar, como estos agarres de los dedos, llevan un perfil grafilado en la superficie de agarre de pieza, para evitar que la pieza no resbale una vez la tenga cogida el robot.

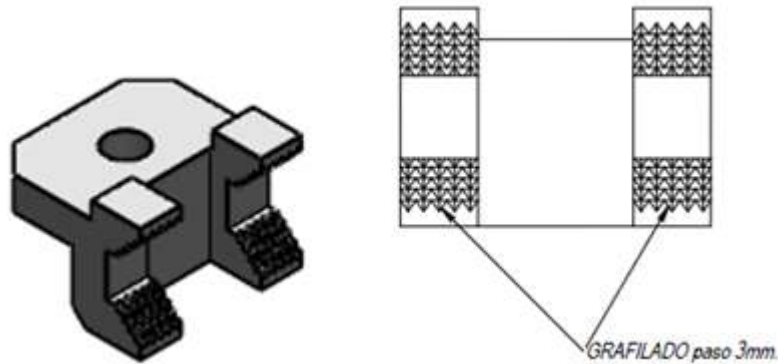


Figura 35. Dedo con más separación y detalle del grafilado

[Fuente: Planos CIE Vilanova]

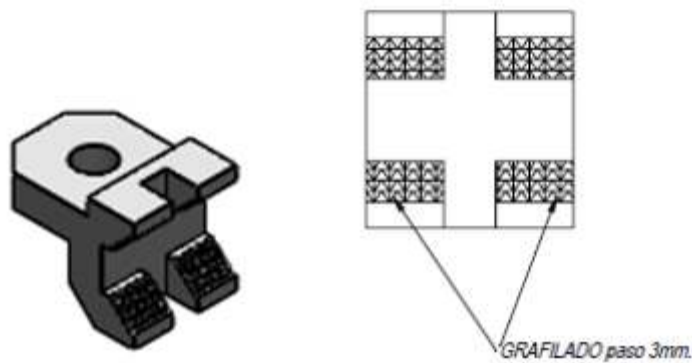


Figura 36. Dedo con menos separación y detalle grafilado

[Fuente: Planos CIE Vilanova]

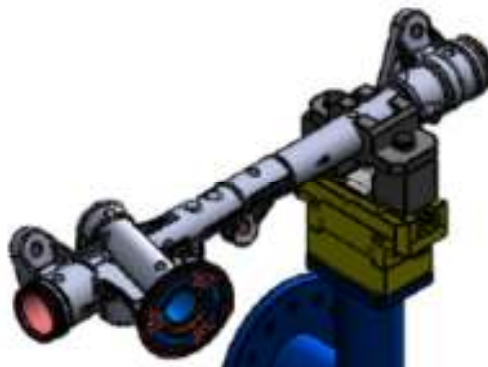


Figura 37. Detalle cogida de pieza

[Fuente: Planos CIE Vilanova]

Se ha tenido en cuenta éste mayor radio de alcance, ya que es lo que se busca en

este robot debido a que tiene que descargar pieza desde la cinta de entrada hasta los dos posicionadores para el limado, y de ahí, hasta la cinta de entrada a la granalladora.

La programación de la secuencia de este robot de carga y descarga de pieza sería la siguiente:

Carga:

- Coge pieza del pallet de la cinta, y la lleva al posicionador de pieza que esté vacío, para que el segundo robot lime la pieza.

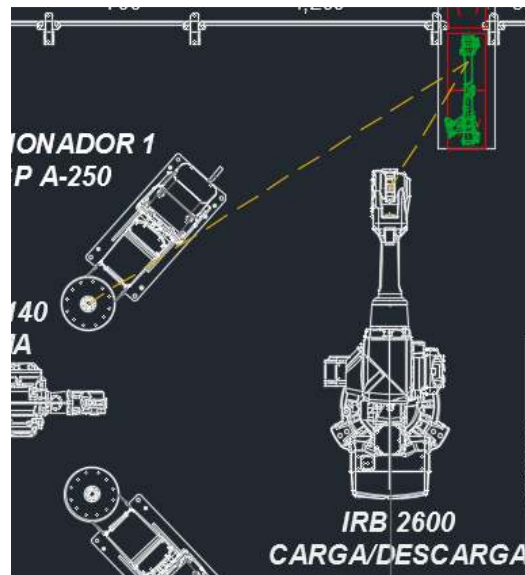


Figura 38. Trayectoria de carga de pieza en posicionador 1 vacío

[Fuente: Autoría propia]

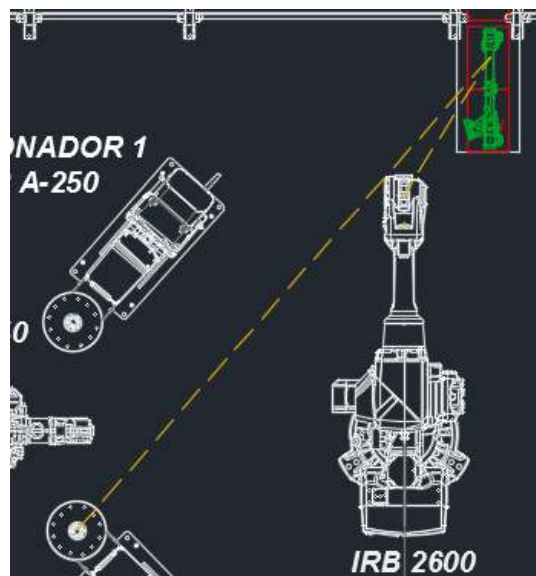


Figura 39. Trayectoria de carga de pieza en posicionador 2 vacío

[Fuente: Autoría propia]

Descarga:

- Una vez el segundo robot haya limado la pieza, el IRB 2600 coge pieza del posicionador y la deja en la cinta que conecta con la entrada de la granalladora, y vuelve a hacer el proceso de carga (o de descarga si una vez dejada en la cinta la pieza limada, el otro posicionador finalizara su operación).

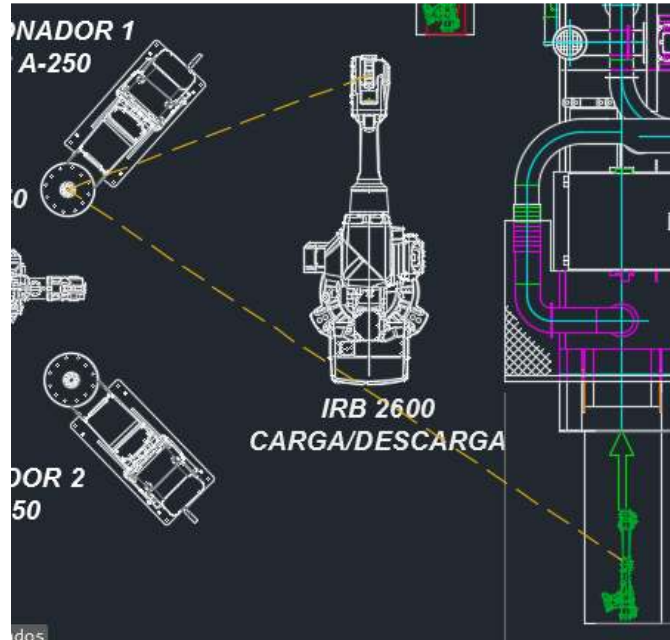


Figura 40. Trayectoria de descarga posicionador 1 a entrada granalladora

[Fuente: Autoría propia]

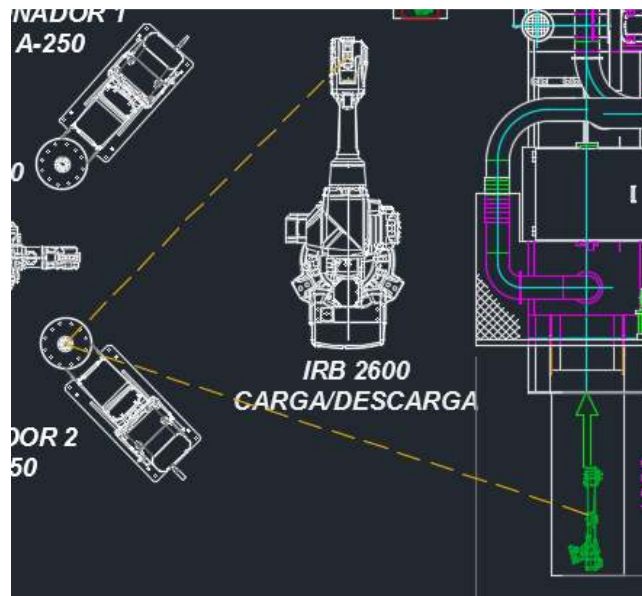


Figura 41. Trayectoria de descarga de posicionador 2 a entrada granalladora

[Fuente: Autoría propia]

3.1.3. POSICIONADOR PIEZA PARA LIMADO

Después de buscar, y de intentar diseñar utillajes que permitan ajustar y girar la pieza para que el robot IRB 140 la vaya limando, y todas las dificultades que se encuentran, se decide implantar un posicionador de ABB llamado IRBP A-250.

La gran ventaja es que los movimientos de este posicionador estarían totalmente sincronizados con los del robot de lima, ya que los dos son de la casa ABB y estarían conectados al mismo controlador.

La pieza se movería mediante el posicionador, que dispone de un plato que permite el giro. Esta pieza iría amarrada interiormente, para que el brazo del posicionador pueda girar, y que la pieza quede rígida. En el apartado de Bibliografía y webgrafía de este trabajo, se adjunta vídeo para poder ver su funcionamiento.

En este proyecto, se utilizan dos posicionadores, colocadores radialmente respecto el robot de lima.



Imagen 32. Posicionador ABB IRBP A-250

[Fuente: Data Sheet IRBP A (ver anexos)]

3.1.4. DISEÑO UTILLAJE DE AMARRE INTERIOR PIEZA

Se diseña un plato que hace de soporte del pivote de sujeción interior de la pieza. Este plato va atornillado al plato que forma parte del posicionador. El pivote de sujeción de la pieza va soldado a este plato, y la pieza es colocada por el robot de carga y descarga en la posición que se aprecia en la [\[Figura 42\]](#). La pieza entra con ajuste (siendo el diámetro más grande de la contera de **pieza de bruto de 42,552mm**, y el del **pivote de 41,8mm**) en este pivote (que tiene la forma del desmoldeo interior de la pieza). La idea es que una vez dentro, este pivote se expanda lo suficiente (mediante circuito neumático) como para poder acabar sujetando la pieza interiormente, para evitar que se pueda mover o deslizar, durante el giro del brazo del posicionador. Los detalles de este diseño, aparecen en los planos.

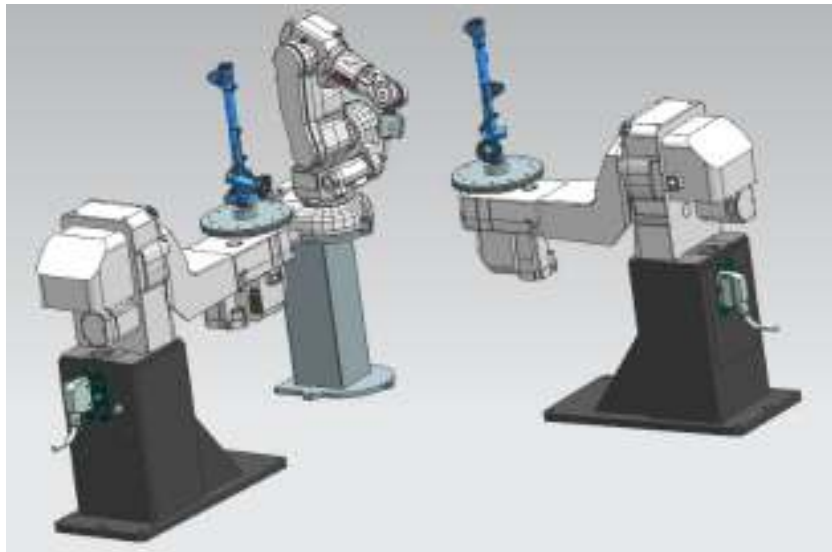


Figura 42. Disposición en 3D del robot de lima con los dos posicionadores

[Fuente: Autoría propia]

3.1.5. ROBOT 6 EJES DE LIMADO

El robot que se decide que sea el encargado del limado de las zonas críticas de la pieza, es el **ABB IRB 140**. Se trata de un robot compacto y muy potente. Soporta una carga de hasta 6 kg, con un alcance de 810 mm (con respecto al eje 5). Se puede instalar en el suelo, de manera invertida o en la pared desde cualquier ángulo. En este diseño se decide instalarlo en el suelo, a través de una bancada collada al suelo, como en el caso del IRB 2600.

Su diseño robusto, además de su completa flexibilidad, y su pequeño tamaño, lo hacen ideal para aplicaciones como la que nos ocupa. También tiene una función de detección de colisiones con completa retracción de la trayectoria, asegurando fiabilidad y seguridad.

En la brida de la muñeca de este robot, se coloca una placa adaptadora, que haga de unión con la herramienta de desbarbado FDB 150 con un collet para herramienta de 3 mm de diámetro (ya que las regatas de las dos conteras son de 4,5 mm).



Imagen 33. Robot industrial ABB IRB 140

[Web: <https://www.logismarket.es/abb-robotics/robot/808598933-814659894-p.html/>]



Figura 43. Placa adaptadora para ajustar la herramienta

[Fuente: Data Sheet herramienta de desbarbado FDB 150]



Figura 44. Regata contera de 4,5 mm

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

El limado realizado por el **robot ABB IRB 140**, se centra en tres puntos:

- En primer lugar, en el punto más crítico, que es **la partición de las conteras**, debido a que va un guardapolvo encajado en cada una de ellas, y si queda rebaba puede llegar a cortar el guardapolvo.
- El segundo punto más crítico, que es **la cara no mecanizada de las patas de amarre**, ya que es una zona donde debe apoyar el tornillo que ancla la caja de dirección con el chasis del vehículo. También se hace hincapié en el contorno de la pata de amarre central.

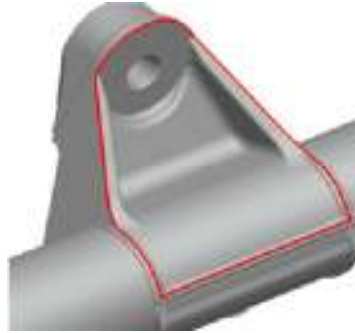


Figura 45. Contorno de la pata de amarre central

[Fuente: Documentación CIE Vilanova]

- Por último, **limado en general**: toda la partición y rebabas en general.

Cabe decir, que está prohibido tener en la pieza una rebaba con una altura superior de 0,7mm, ya que puede ocasionar cortes al manipular.

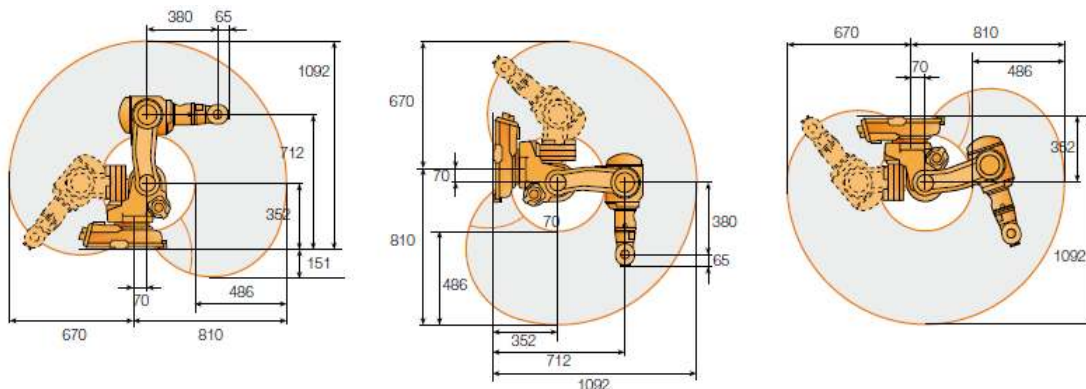


Figura 46. Rango de trabajo y posibles posiciones de instalación del robot IRB 140.

[Fuente: Data Sheet del robot industrial ABB IRB 140 adjunto en el anexo]

3.1.6. BANCADA PARA ROBOTS

Son estructuras fijas con el objetivo de sustentar los robots industriales y absorber inercias y esfuerzos provocados por éstos a través de los movimientos y trayectorias realizadas.

Hay varios tipos de configuraciones de bancadas para robots, como la cilíndrica, balcón, viga pórtico, viga interpresas, viga shelf..., pero en este proyecto se ha elegido la bancada cilíndrica, ya que por ejemplo, no es necesario desplazar el eje del robot respecto del de bancada o instalarlo sujeto a una o dos vigas. La bancada del robot de carga/descarga se ha comprado, y la del robot de limado se ha diseñado.

Sus respectivas alturas son:

- IRB 2600 carga/descarga: 200 mm
- IRB 140 limado: 640 mm

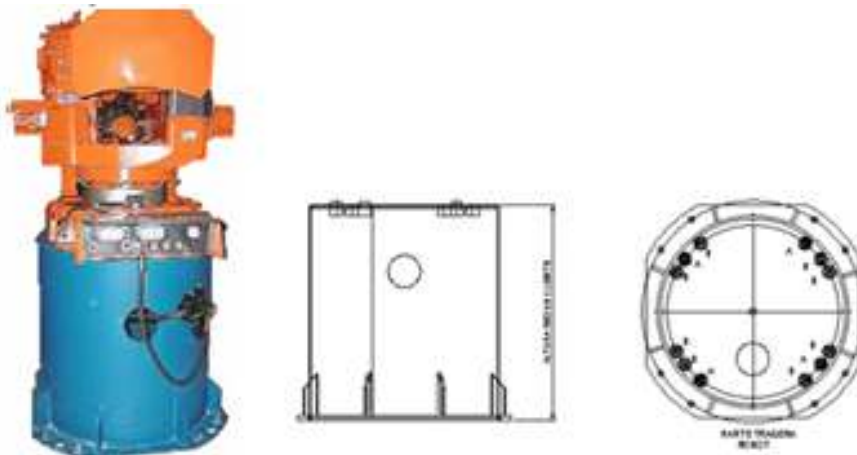


Imagen 34. Bancada de configuración cilíndrica para robot IRB 2600

[Fuente: <http://sercame.com/producto/hot-stamping/bancadas/#/>]



Imagen 35. Diseño de bancada para robot IRB 140

[Fuente: Autoría propia]

3.1.7. VALLADO DE SEGURIDAD

Cada vez se tiene más en cuenta el tema de la seguridad en el entorno industrial, y es por eso que se ha de tener en cuenta durante el desarrollo de una célula robotizada, como es el caso.

El aumento de la implantación de robots en la industria, ha hecho que los accidentes industriales hayan descendido, al alejar al hombre de tareas de riesgo, sin embargo, los robots también los ocasionan.

Estos robots pueden mover simultáneamente seis ejes, por tanto, las trayectorias son complejas y menos obvias, y también existe el riesgo de colisiones con otras máquinas y dispositivos.

Por lo tanto, al diseñar el layout o distribución de la célula automatizada, hay que tener en cuenta la disposición de un vallado de seguridad en la zona robotizada, que impidan la entrada de personas durante su funcionamiento. También es necesario un sistema de acceso a la célula robotizada a través de una puerta en el mismo vallado,

en la cual sólo se pueda entrar presionando un botón de parada de emergencia de los robots. Para este proyecto, se estipula que **el operario entre dentro de la célula robotizada, una vez al turno, para limpiar los restos de viruta de los posicionadores y los utillajes sujeta-piezas,**

El vallado elegido es de la empresa TROAX. Cómo se puede observar en la [Figura 47], los tramos de paneles de malla elegidos son de igual altura ($H=2200\text{mm}$), pero de diferentes anchos (en función de la longitud total de ese lado del vallado). Todos los tramos son paneles de malla del modelo ST20 (ver anexos), menos la puerta simple batiente que es panel de malla ST30 (ver anexos).

La puerta simple batiente se debe de colocar para tareas de mantenimiento, o para las tareas de limpieza de la célula por parte del operario de cada turno. Esta puerta consta de una cerradura Safe Lock PLd (ver anexos), que es un dispositivo diseñado para proteger al personal y mantener el proceso productivo. Este sistema de seguridad hace que para tener acceso a la célula se ha de solicitar la entrada, y una vez finaliza el ciclo y se detienen los robots, se puede abrir la puerta.

La tecnología de vallado elegido es SmartFix (ver anexos), que es un sistema de protección para máquinas basado en paneles, postes, abrazaderas y un sistema de fijación óptimo. Esta tecnología puede aguantar un impacto de hasta 1600 J .

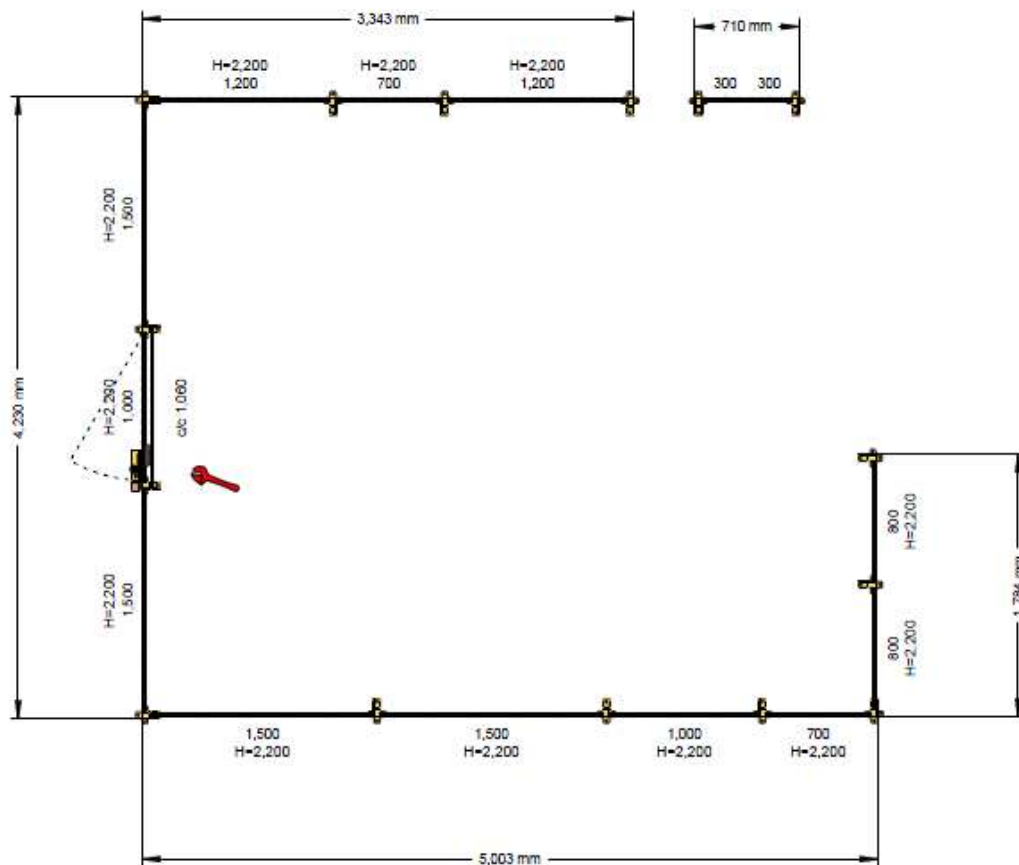


Figura 47. Layout en 2D del vallado TROAX para la célula robotizada.

[Fuente: Oferta TROAX]

En la [Imagen 38] y [Imagen 39] se puede observar el vallado actual de la célula M71 que se aprovecha para este proyecto.



Imagen 36. Vallado de seguridad de la parte frontal de la célula M71 actual.

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]



Imagen 37. Vallado de seguridad de la parte trasera de la inyectora de la célula M71 actual.

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

Por otra parte, en la zona dónde están situadas las máquinas inyectoras hay un vallado diferente con una barrera [\[Imagen 40\]](#) que tiene la posibilidad de abrirse a través de una botonera, para permitir al operario la posibilidad de limpieza y mantenimiento del molde.



Imagen 38. Barrera desplazable con acceso al molde.

[Fuente: Instalaciones CIE Vilanova]

3.1.8. GRANALLADORA AUTOMÁTICA DE FLUJO CONTINUO

Finalmente la granalladora escogida para este proyecto, es de la casa C.M. y es de flujo continuo de cinta plana en red y concretamente el modelo WMC/40.

El túnel de paso de la pieza por el interior de la granalladora, consta de dos turbinas arriba, y dos abajo para llegar a toda la superficie de la pieza.

Al disponer estas turbinas de variadores de velocidad, habría que ajustarlas hasta obtener la calidad de granallado deseada.

Si hay un exceso de granalla, es posible que la trazabilidad de la pieza ni se distinga: molde, referencia pieza..., y si hay una falta de granalla, las imperfecciones de la pieza no son eliminadas al completo.

La granalla hace que los defectos de lima ocasionados por el robot de limado, se disimulen y no sean visibles en la pieza final.

Después de estudiar varios modelos de granalladoras, se ha decidido elegir ésta, ya que permite el flujo continuo de piezas sin paro, tiempo de ciclo reducido (15 segundos) y granallado de todas las zonas de la pieza (360°).

La parte negativa es su elevado precio, pero se espera una amortización en poco tiempo.

Como se dice en el párrafo anterior, se ha valorado como positivo, que sea de flujo continuo, ya que en ningún momento se detiene el ciclo, y pueden granallarse varias piezas a la vez sin mayor problema.

Si queda algo de granalla en la pieza, es comprobado por el operario de final de línea, que sopla la pieza hasta eliminar toda granalla acumulada en su interior.



Imagen 39. Granalladora de flujo continuo WMC/40.

[Web: <http://www.cmspa.com/es/productos/wmc-de-cinta-plana-en-red/>]

3.1.9. CINTA TRANSPORTADORA DE BANDA

El **segundo tramo** de cinta de la nueva célula automatizada, sería el tramo de antes de entrar la pieza en la granalladora, y sería de 1.000 mm de largo, de 1.100 mm de alto (para conectar con la boca de entrada de la granalladora) y 400 mm de ancho, y con guías laterales. Sería exactamente un transportador de banda de la empresa TN Flex Conveyors modelo TX1310, con una banda lisa tipo NOVO de 400 mm de anchura.

Esta cinta se accionaría mediante reductor directo a eje motriz, una vez la pieza esté en la posición inicial del tramo de cinta.

La pieza sería colocada en el sentido longitudinal por el robot de carga y descarga, ya que si estuviese colocada a lo ancho, no podría acceder a la granalladora.

Por último, el **tercer tramo** de cinta sería de 5.000 mm de largo, 1100 mm de alto y 400 mm de ancho y conectaría la salida de la granalladora de flujo o paso continuo y el operario de final de línea. Este último tramo sería de características equivalentes al segundo tramo.

En este caso se ha decidido que estos dos tramos de cinta transportadora sean de banda **con guías laterales de chapa galvanizada** para asegurar la pieza en la cinta, y en base a la geometría que tiene el paso a cadena de la granalladora continua, la cual tiene una boquilla de entrada de 200 x 400 mm.



Imagen 40. Ejemplo similar al transportador de banda TX 310

[Fuente: Oferta TN Flex Conveyors]

4. CÁLCULOS

A continuación se va a realizar un cálculo de los tiempos de ciclo de cada operación actual, otro cálculo con los tiempos de ciclo de la situación mejorada, y por último, se hace una comparativa de los resultados.

4.1 ANÁLISIS DE TIEMPOS

Se realiza un análisis de tiempos, comparando los tiempos de ciclo actuales y los mejorados, en hacer las mismas operaciones: fundición, troquelado, granallado, limado y soplado. En el caso del nuevo proceso, como se ha dicho antes, el limado es

anterior al granallado.

En la [Tabla 5], en la operación nº 5, que es la colocación de la pieza en el bastidor de la granalla manual, se especifica que para llenar dicho bastidor y realizar un ciclo de granallado, se necesitan colocar 14 piezas. Se ha definido la caída de pieza de la prensa cada 27 segundos, ya que:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de ciclo célula M55} &= 52 \text{ s} \\ \text{Tiempo de ciclo célula M71} &= 55 \text{ s} \\ \bar{t} &= \frac{52 + 55}{2} = 53,5 \approx 54 \text{ s} \end{aligned}$$

Se ha considerado el tiempo medio de 54 s = caída de 2 piezas
Cada 27 s cae 1 pieza

Por lo tanto, se aprecia que si cada pieza cae cada 27 s, y realizando las operaciones anteriores a la granalla, se tarda 616 s en tener el bastidor de la granalladora lleno, ya que:

$$(27 + 7 + 5 + 5) \text{ s} \times 14 \text{ colocaciones} = 616 \text{ s}$$

Es algo que, cómo veremos en la siguiente tabla, con el granallado automático se soluciona, ya que es un hándicap importante de tiempo, el estar realizando la carga de la granalladora manualmente.

SITUACIÓN ACTUAL		
Operaciones: Fundición; troquelado, granallado, limado y soplado <i>manual</i>		
Nº	Descripción de la operación	Tiempo (s)
1	Salida pieza bien troquelada	27
2	Punzonar manualmente rebaba interior piñón y cremallera	7
3	Coger pieza y soplar agujeros ciegos	5
4	Verificar patas de amarre y escudo térmico	5
5	Colocar pieza en bastidor granalla (14 piezas/ciclo)	616
6	Carga del bastidor en el interior de la granalladora y accionar granallado	15
7	Granallado	60
8	Descarga del bastidor y extraer pieza	10
9	Voltear pieza manualmente después del granallado (eliminar restos de granalla) y dejar pieza en contenedor (90 piezas/lote)	5
10	Transporte del contenedor a zona de limado	110
11	Limado según instrucción (depende del molde)	35
12	Soplado para eliminar restos de lima y dejar pieza en contenedor (90 piezas/lote)	10
13	Transporte del contenedor a zona de Mecanizado	40
TIEMPO TOTAL =>		945

Tabla 5. Tiempos de ciclo de la situación actual

[Fuente: Autoría propia]

Con la situación mejorada, cómo podemos ver en la [Tabla 6], el granallado de flujo continuo es pieza a pieza, y por lo tanto, el tiempo de ciclo es de 15 s. También es

importante la operación 6, ya que esos segundos que tarda la pieza en recorrer la cinta de entrada a la nueva célula robotizada, hacer que los robots vayan más desahogados, y le da el suficiente tiempo (sobre todo al robot de lima), a que acabe de limar las piezas.

Se considera muy importante para este diseño elegido, que la zona del limado de la pieza por parte de uno de los robots, no supere el 80% del tiempo de ciclo de la inyección (en la que sale una pieza cada 27 segundos), ya que si se superase ese tiempo, se formaría un cuello de botella, y se amontonarían las piezas antes de este proceso.

También ayuda, que la cinta de transporte de pieza con útiles, no sea especialmente rápida (6,5 m/min), con un tiempo de 46 segundos desde que el operario coloca la pieza en el utillaje, hasta que llega a la célula robotizada.

SITUACIÓN MEJORADA		
<i>Operaciones: Fundición; troquelado; limado y granallado automático; soplado manual</i>		
Nº	Descripción de la operación	Tiempo (s)
1	Salida pieza bien troquelada	27
2	Punzonar manualmente rebaba interior piñón y cremallera	7
3	Coger pieza y soplar agujeros ciegos	5
4	Verificar patas de amarre y escudo térmico	5
5	Colocar pieza en utillaje cinta transportadora dirección célula robotizada	2
6	Llegada a la entrada de la célula robotizada (velocidad cinta T-1 = 6,5 m/min)	46
7	Pieza cogida y colocada en el posicionador por parte del robot de carga/descarga	6
8	Limado automático por parte del robot de limado	20
9	Pieza cogida y colocada en la cinta de entrada a la granalladora automática	5
10	Llegada a la granalladora automática (velocidad cinta T-2 = 10 m/min)	6
11	Granallado de paso continuo automático	15
12	Salida granalladora y llegada al operario (velocidad cinta T-3 = 10 m/min)	18
13	Verificación final, soplado por parte del operario (eliminar restos de granalla y lima) y dejar pieza en contenedor (90 piezas/lote)	10
14	Transporte del contenedor a zona de Mecanizado	90
TIEMPO TOTAL =>		262

Tabla 6. Tiempos de ciclo de la situación mejorada

[Fuente: Autoría propia]

4.2. COMPARATIVA DE RESULTADOS

Se realizan los siguientes cálculos:

$$\frac{\text{Tiempo situación actual}}{\text{Tiempo situación mejorada}} = \frac{945}{262} = 3,60687 \approx 3,61 \text{ veces} \approx 4 \text{ veces}$$

Cómo se puede observar en la operación realizada, con la situación actual se tarda casi 4 veces más, en realizarle las mismas operaciones a la pieza. O lo que es lo mismo, **por cada pieza actual, tengo 4 con la situación mejorada, y de mayor**

calidad.

En la situación actual se necesitan 4 operarios, por lo tanto:

$$\frac{945 \text{ s}}{4 \text{ operarios}} = 236,25 \text{ s}$$

Observando el cálculo anterior, se puede ver que en la situación actual cada operario tarda 236,25 s en actuar sobre la pieza. Si este resultado se compara con el tiempo total de ciclo en la situación mejorada, podemos observar que prácticamente se tarda lo mismo (ya que ahora es un solo operario) y añadiéndole más valor añadido a la pieza, ya que la calidad de la pieza sube, con procesos como el limado y el granallado automático, y la eliminación de los defectos de lima (invirtiendo estos dos procesos).

5. PRESUPUESTO

A continuación, se va a realizar el cálculo de la productividad teórica anual, en estas dos células de fundición de caja de dirección izquierda (pieza sólo fundida).

Según el convenio colectivo del metal de la provincia de Barcelona, en 2018-2019 la jornada laboral efectiva, será de 1.780 horas anuales.

Capítol VII Jornada de treball, festes i vacances

Article 24. *Jornada*

Per als anys, 2018 i 2019 la jornada laboral serà de 1.780 hores anuals de treball efectiu.

Figura 488. Extracto con las horas anuales de trabajo efectivo estipuladas

[Fuente: Documentación Convenio del metal de Barcelona]

Una vez que se hayan calculado la productividad teórica anual, se va a calcular el % de productividad, comparando esta cifra calculada con las ventas reales.

Consideraciones:

- Convenio del metal = 1.780 horas/año.
- Capacidad/día célula M55 = 1.662 piezas/día.
- Capacidad/día célula M71 = 1.571 piezas/día.
- Ventas anuales = 575.000 piezas/año

Cálculos:

$$1.662 \text{ piezas/día} + 1.571 \text{ piezas/día} = 3.233 \text{ piezas/día}$$

$$3.233 \text{ piezas/día} \times 1.780 \text{ horas/año} \times 1 \text{ día/8 horas} = 719.342,5 \text{ piezas/año}$$

$$\begin{aligned} \% \text{Productividad} &= \frac{\text{Ventas}}{\text{Producción teórica}} \times 100 = \frac{575.000 \text{ piezas/año}}{719.342,5 \text{ piezas/año}} \times 100 \\ &= 79.93\% \approx 80\% \end{aligned}$$

5.1. PRESUPUESTO INGENIERÍA

ACTIVIDAD	COSTE UNITARIO (€/h)	HORAS INVERTIDAS (h)	COSTE TOTAL
Investigación de mercado	30,00	20	600,00 €
Contacto con proveedores	30,00	10	300,00 €
Elección maquinaria necesaria	30,00	15	450,00 €
Búsqueda de información para la memoria	30,00	10	300,00 €
Elección del layout definitivo	30,00	10	300,00 €
Diseño CAD layout anteriores al definitivo	30,00	6	180,00 €
Diseño CAD layout definitivo	30,00	2	60,00 €
Cálculo de tiempos de ciclo de cada nuevo proceso	30,00	5	150,00 €
Diseño 3D útiles de limado	30,00	10	300,00 €
Simulación 3D con los robots	30,00	2	60,00 €
Elaboración de planos de conjunto y despieces	30,00	4	120,00 €
TOTAL			2.820,00 €

Tabla 7. Presupuesto de las horas invertidas por ingeniería

[Fuente: Autoría propia]

5.2. EQUIPOS NECESARIOS

MÁQUINA	UNIDADES	COSTE UNITARIO (€)	COSTE TOTAL (€)
Cinta transportadora con apoyos porta-piezas (Tramo 1)	1 tramo	-	10.702,45 €
Robot ABB IRB 2600 de 6 ejes Carga/Descarga	1	26.000 €	26.000 €
Bancada para robot IRB 2600	1	2.000 €	2.000 €
Placa adaptadora IRB 2600	1	500 €	500 €
Pinza neumática DPG PLUS 125-1	1	1.014 €	4.100 €
Soporte y dedo grafilado	2	150 €	300 €
Robot ABB IRB140 de Lima de 6 ejes	1	21.000 €	21.000 €
Placa adaptadora IRB 140	1	500 €	500 €
Herramienta de desbarbado FDB 150	1	5.800 €	5.800 €
Posicionador ABB IRBP A-250	2	15.000 €	30.000 €
Vallado de seguridad Troax (paneles, puerta y sistema de cierre)	4 tramos	-	2.217 €
Cinta transportadora de banda con guías laterales (Tramos 2 y 3)	2 tramos	-	5.536,96 €
Granalladora de flujo continuo WMC/40	1	140.000 €	140.000 €
TOTAL			248.656 €

Tabla 8. Presupuesto del gasto en los equipos necesarios para el proyecto

[Fuente: Autoría propia]

5.3. INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

ACTIVIDAD	COSTE UNITARIO (€/h)	HORAS INVERTIDAS (h)	COSTE TOTAL
Invertir salida pieza troquelada	25,00	3	75,00 €
Desinstalación de granalladora manual	25,00	12	300,00 €
Limpieza y adecuación de las nuevas zonas	20,00	2	40,00 €
Pintar ubicación nuevas zonas	20,00	5	100,00 €
Instalación de los robots, bancadas y herramientas	25,00	15	375,00 €
Instalación de los posicionadores y sus utillajes	25,00	10	250,00 €
Instalación de la granalladora	25,00	30	750,00 €
Instalación del vallado de seguridad	25,00	20	500,00 €
Integración y puesta en marcha de los robots y posicionadores	28,00	20	560,00 €
Puesta en marcha de la granalladora	25,00	10	250,00 €
Instalación de los tres tramos de cinta	25,00	15	375,00 €
Prueba y puesta en marcha célula automatizada	30,00	5	150,00 €
TOTAL			3.725,00 €

Tabla 9. Presupuesto de las horas invertidas en la instalación y puesta en marcha

[Fuente: Autoría propia]

Precio/hora mantenimiento	25,00 €
Precio/hora personal externo	25,00 €
Precio/hora personal limpieza	20,00 €
Precio/hora personal pintura	20,00 €
Precio/hora personal robótica	28,00 €
Precio/hora ingeniería	30,00 €

Tabla 10. Precio/hora del personal

[Fuente: Autoría propia]

5.4. AHORRO ANUAL

En el proceso actual se necesitan para las células estudiadas 1 operario, y para el proceso de lima (que es en otra nave) se necesitan 3 operarios. Es decir, en total 4 operarios, que con la automatización de la célula se reducen a 1.

A continuación se realiza el cálculo del ahorro anual que supone para la empresa:

Consideraciones:

- Sueldo bruto operario anual = 30.000 €.
- % Seguridad Social anual (que le cuesta a la empresa un operario) = 42%

Cálculos:

$$\text{Proceso Actual} \Rightarrow 30.000 \text{ €/año} + (0,42 \times 30.000 \text{ €/año}) \times 4 \text{ operarios} \\ = 170.400 \text{ €/año}$$

$$\text{Proceso Mejorado} \Rightarrow 30.000 \text{ €/año} + (0,42 \times 30.000 \text{ €/año}) \times 1 \text{ operario} \\ = 42.600 \text{ €/año}$$

$$\text{Ahorro Anual} \Rightarrow 170.400 \text{ €/año} - 42.600 \text{ €/año} = \mathbf{127.800 \text{ €/año}}$$

5.5. AMORTIZACIÓN

A continuación, se realiza el cálculo de los meses que se necesitan para amortizar el precio de este proyecto.

Consideraciones:

- Inversión = Presupuesto Ingeniería + Equipos necesarios + Instalación y puesta en marcha = 2.820 € + 248.656 € + 3.725 € = **255.201 €**

- Interés bancario = **5%**

$$\text{Amortización} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro} - (\text{Inversión} \times \% \text{ Interés Bancario})} \times 12 \text{ meses} \\ = \frac{255.201 \text{ €}}{127.800 \text{ €} - (255.201 \text{ €} \times 0,05)} \times 12 \text{ meses} = 26,62 \text{ meses} \\ \approx \mathbf{27 \text{ meses}}$$

Debido a que se trata de un producto de bastante uso dentro del mundo de la automoción, se estima oportuno que el período de amortización de la célula de fundición automatizada pueda rondar los **2 años**, aproximadamente.

Una vez realizados los cálculos, se considera una buena inversión, ya que la empresa empezaría a obtener beneficio de este proyecto a partir de casi los **27 meses** de su puesta en marcha.

6. CONCLUSIONES

Obviamente el pasar de procesos manuales a automatizados, se puede pensar que hay muchas ventajas, aunque también hay una inversión importante y un mayor mantenimiento.

Automatizando el limado y el granallado se mejoran las condiciones de trabajo del personal, ya que se suprimen trabajos precarios y repetitivos, y se evita el “error humano”, producto de un posible cansancio que afecta a la atención, pudiéndose pasar piezas con, por ejemplo, un limado deficiente.

También se aumenta la productividad y producción de estos procesos, mejorando la calidad de la pieza, ya que programando el robot o la granalladora, con los estándares de calidad establecidos, hay una seguridad de que esa calidad de pieza se va a cumplir. Luego, obviamente, se pueden realizar ajustes según se vaya viendo, por ejemplo, que las piezas de un molde específico necesitan más toque de lima en una zona específica, o más potencia de granallado.

Con esta automatización, también se ahorran costes de producción y costes en formación y entrenamiento de los operarios de producción.

Cierto es, que la inversión inicial es fuerte, y que supone un esfuerzo, pero en el cálculo de la amortización se ha visto, que es una inversión que se puede cubrir en poco más de 2 años, por lo tanto, se trata de modernizar y adecuar procesos respecto a las nuevas tecnologías, con el beneficio que eso le puede conllevar a la empresa en un futuro.

Esta célula automatizada también posee la flexibilidad de poder trabajar con la otra referencia de la pieza (UF002: caja de dirección de lado derecho), aunque para ello haya que ajustar robots y granalladora,

En conclusión, que hay muchas más ventajas que inconvenientes, y se cree que es una inversión muy a tener en cuenta para los tiempos actuales, teniendo en cuenta la competencia que existe en la industria del automóvil.

7. AGRADECIMIENTOS

La verdad es que al finalizar este proyecto de final de carrera, me acuerdo de muchas personas. Agradecer a mi familia, que siempre ha estado ahí apoyándome, a mi novia, a compañeros con los que he compartido estos años de carrera, a mi tutor de la EPSEVG, Joan Josep Aliau, que me ha resuelto todas las dudas que me han ido surgiendo durante el transcurso del proyecto. También agradecer a la empresa CIE Vilanova (en la cual llevo desde Febrero de 2017 de prácticas) por permitirme realizar un proyecto de mejora en sus instalaciones, brindándome toda la documentación e información que me ha sido necesaria, y en especial, a mi tutor Francisco Álvarez, con el cual he podido contar ante cualquier duda. Gracias también a todos los proveedores de equipos, que me han pasado ofertas y han sabido informarme con las aplicaciones adecuadas para este proyecto.

Ha sido un largo y duro camino, pero al final, muy contento con lo aprendido, y por haber sido capaz de sacar este proyecto adelante.

8. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

RENTERÍA, ARANTXA – RIVAS, MARÍA. ROBÓTICA INDUSTRIAL: Fundamentos y aplicaciones, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U., 2000.

<https://www.eixdiari.cat/opinio/doc/37756/cie-components-vilanova-no-es-una-ong.html>
(Visitada en Abril 2018)

<https://www.pinterest.es/pin/683280574685795937/> (Visitada en Abril 2018)

<https://www.taringa.net/posts/info/19685893/Que-es-la-Cremallera-de-Direccion-Para-que-Sirve-Resuelto.html> (Visitada en Abril 2018)

<http://multiservicioautomotriz3h.blogspot.com.es/2011/03/mecanismo-de-direccion-de-cremallera.html> (Visitada en Mayo 2018)

<https://blog.reparacion-vehiculos.es/como-influye-la-caja-de-direccion-en-el-comportamiento-del-vehiculo> (Visitada en Mayo 2018)

<https://www.dynacast.es/fundicion-inyectada-en-camara-fria> (Visitada en Junio 2018)

<http://www.inventosmodernos.cl/robot.htm>] (Visitada en Junio 2018)

<http://www.dicis.ugto.mx/profesores/balvantin/documentos/Manufactura%20Avanzada/5%20PRACTICAS%20ROBOT%20NACHI.pdf> (Visitada en Julio 2018)

<http://www.grinluz.es/granallado-acero.html> (Visitada en Julio 2018)

<https://www.quiminet.com/articulos/el-proceso-de-granallado-15817.htm> (Visitada en Agosto 2018)

<https://spanish.alibaba.com/p-detail/granalla-de-acero-S390-300003644328.html>
(Visitada en Agosto 2018)

<https://www.logismarket.es/abb-robotics/robot/808598933-814659894-p.html> (Visitada en Septiembre 2018)

<http://sercame.com/producto/hot-stamping/bancadas/#> (Visitada en Octubre 2018)

<http://www.cmspa.com/es/productos/wmc-de-cinta-plana-en-red/> (Visitada en Septiembre 2018)

<https://www.youtube.com/watch?v=4lUpTsG9Dyc> (Visitada en Octubre 2018)